



872715
ESTUDIOS REALIZADOS EN LA 7
UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

INCORPORACION N° 8727-15 A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

TEMA:

Diseño de Drenaje Pluvial en el Sector
Centro-Sur en la ciudad de Uruapan, Mich.

PRESENTAN:

José Alberto Sánchez Arriaga
José Luis Arellano Naranjo



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

Se a la Dirección General de Bibliotecas de la
a difundir en formato electrónico e impreso el
nido de mi trabajo profesional.

NOMBRE: Sánchez Arriaga

José Alberto

NÚMERO: 28-82-03

FECHA: [Firma]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

URUAPAN, MICHOACAN., JULIO DEL 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION DISCONTINUA

DEDICATORIA

Gracias primeramente a Dios por habernos dado la oportunidad de haber terminado nuestros estudios a nivel profesional.

Con acendrada devoción y justo orgullo, dedicamos este gran esfuerzo a nuestros padres:

María De Lourdes Arriaga

José Luis Arellano

María Gervacia Naranjo Ramón

Ya que sin su apoyo y amor que nos han brindado a lo largo de estos años de preparación, no hubiéramos concluido esta etapa de nuestra vida, por todo eso muchas gracias.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a nuestro asesor Ing. Carlos Cesar Pérez Ángeles Subdirector Técnico de CAPASU, por todo el apoyo incondicional recibido.

Así mismo, agradecemos a las siguientes personas por su paciencia, sugerencias y comentarios que han contribuido de una manera particular y significativa a la mejor realización de este proyecto.

Ing. Raúl Jamit Abud

Ing. Anastasio Blanco Simiano

Ing. Alfredo Santiago Valencia

Lic. Gerardo Mora Camacho

Además de una persona muy especial, ya que sin su apoyo no hubiera logrado este proyecto Blanca Estela Simón Ortiz

Esperamos que este proyecto aporte a futuro una idea mas general del diseño de sistemas de drenaje pluvial en la ciudad de Uruapan.

TRABAJE CON
FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

GENERALIDADES.....	1
a).- Superficie territorial.....	2
b).- Colindancias.....	2
c).- Localidades y tenencias.....	2
d).- Antecedentes históricos y territoriales.....	2
e).- Temperatura media anual.....	2
f).- Orografía.....	2
g).- Recursos hidrológicos.....	3
h).- Topografía.....	4
i).- Edamofología.....	5
j).- Geología.....	6
CAPITULO 1.....	8
TOPOGRAFÍA.....	8
1.1.- DISPOSICIONES GENERALES.....	8
1.2.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	8
1.2.1.- Levantamientos topográficos de baja precisión.....	9
1.2.2.- Levantamientos topográficos definitivos.....	9
1.3.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	9
1.4.- POLIGONALES.....	9
1.4.1.- Trazo de apoyo.....	9
1.4.2.- Brecheo.....	10
1.4.3.- Monumentación.....	10
1.4.4.- Orientaciones astronómicas.....	11
1.4.5.- Poligonales abiertas.....	11
1.5.- NIVELACIÓN.....	12
1.5.1.- Bancos de nivel (B.N.).....	12
1.5.2.- Nivelación diferencial.....	12
1.5.3.- Nivelación de perfil.....	13
1.5.4.- Nivelación de secciones transversales.....	13
1.5.5.- Levantamientos especiales.....	13
1.5.6.- Elaboración de planos topográficos.....	14
1.5.7.- Informe final.....	15
CAPITULO 2.....	16
CONCEPTOS BÁSICOS DE HIDROLOGÍA.....	16
2.1.- CICLO HIDROLÓGICO.....	16
2.2.- DEFINICIÓN DE HIDROLOGÍA.....	17
2.3.- ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROLOGÍA.....	18
2.4.- CUENCA HIDROLÓGICA.....	19
2.5.- MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.....	22
2.6.- ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN.....	24
2.6.1.- Lluvia media.....	24
2.7.- INTENSIDAD DE LLUVIA.....	27
CAPITULO 3.....	28
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	28
3.1.- DEPENDENCIAS RELACIONADAS CON LA PLANEACIÓN, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y VIGILANCIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.....	28
3.1.1.- Comisión Nacional del Agua (CNA).....	28
3.1.2.- Organismos estatales. Comité de agua potable alcantarillado y saneamiento (COMAPAS).....	29
3.1.3.- Organismos operadores locales (a nivel municipio) CAPASU.....	29
3.2.- NORMAS PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	29
3.2.1.- Red de atarjeas.....	30
3.2.2.- Pozos de visita.....	30

TRON
 FALLA DE ORIGEN

3.2.3.- Pozos caja	31
3.2.4.- Cambios de dirección	31
3.2.5.- Separación máxima entre los pozos de visita.....	32
3.2.6.- Estructuras de caída.....	32
3.2.7.- Profundidad y ancho de zanja.....	33
3.2.8.- Recomendaciones prácticas para la colocación de tuberías.....	35
3.3.- COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.....	35
3.4.- PLANTILLA O CAMA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA DRENAJE PLUVIAL.....	36
3.5.- RELLENO PARA ZANJAS.....	37
3.6.- ESTRUCTURAS DE DESCARGA.....	37
3.7.- DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS EN CORTE TRANSVERSAL.....	38
3.8.- PENDIENTES.....	38
CAPÍTULO 4.....	46
PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL.....	46
4.1.- DATOS DE PROYECTO.....	46
4.1.1.- Información hidrológica.....	46
4.1.2.- Período de retomo (Tr).....	47
4.1.3.- Curvas intensidad-duración-período de retomo (i-d-Tr).....	48
4.1.4.- Coeficiente de escurrimiento o de impermeabilidad.....	49
4.1.5.- Método racional.....	50
4.1.6.- Tiempo de concentración.....	51
4.2.- DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	52
4.2.1.- Determinación de la cuenca principal y subcuencas de aportación.....	52
4.2.2.- Cálculo del período de retomo.....	53
4.2.3.- Cálculo de la altura de precipitación.....	57
4.2.4.- Cálculo de la intensidad.....	60
4.2.5.- Cálculo de los coeficientes de escurrimiento.....	67
CAPÍTULO 5.....	70
EJEMPLO DE DISEÑO PLUVIAL.....	70
5.2.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	92
5.2.1.- Excavación.....	92
5.2.2.- Plantilla.....	93
5.2.3.- Instalación, junteo y prueba.....	93
5.2.4.- Relleno.....	94
5.3.- VOLUMEN DE OBRA.....	94
5.4.- NÚMEROS GENERADORES.....	104
5.4.- ANÁLISIS DE COSTOS.....	108

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El agua de lluvia constituye una parte esencial en el ciclo hidrológico, ya que sin ella no habría vida vegetal y animal además de que no se recargarían los mantos acuíferos y en general no se cumpliría dicho ciclo.

Desde tiempos ancestrales el hombre se ha preocupado por conducir éste vital líquido ya sea por canales, tubos, alcantarillas pluviales, acueductos, etc.; principalmente por las ciudades. Un claro ejemplo y el mas destacado en el aspecto de ingeniería hidráulica fue el que desarrolló la cultura romana.

A pesar de ser un factor primordial en la vida del hombre, muchas veces es difícil controlar el agua pluvial, más aún con el cambio climático global y fenómenos meteorológicos tales como El niño y La niña que afectan las estaciones climáticas de una manera significativa. Por otro lado tenemos las acciones que el hombre realiza de forma arbitraria e inconsciente, como por ejemplo la tala inmoderada de miles de hectáreas, incendios forestales y asentamientos humanos irregulares, y desgraciadamente todo esto da como resultado una mayor erosión del suelo.

Todos estos elementos y el nivel de terreno tan plano, dan lugar a una gran concentración y acumulación de agua en la zona centro-sur de nuestra ciudad, ya que existe un mayor escurrimiento debido a que no hay la suficiente retención por el suelo y por lo tanto la infiltración al subsuelo es mínima, y las lluvias son cada vez más intensas en un menor tiempo.

El drenaje pluvial es el desagüe de la cantidad de lluvia que cae en un determinado lugar, y durante un tiempo dado. En nuestro país existen serios problemas en este tipo de drenajes, principalmente en las zonas urbanas. Cada vez que llueve nuestras calles se convierten en lagunas, esto lo podemos ver en las zonas bajas donde no hay conductores pluviales ó los existentes son deficientes o simplemente no funcionan por falta de un mantenimiento adecuado y periódico por parte de las autoridades, y no solo ocurre en áreas urbanas sino que también afectan un medio de comunicación importante como lo son las zonas bajas de carreteras y caminos.

Es pues, que ahora necesitamos un sistema de alcantarillado pluvial que brinde un funcionamiento efectivo y adecuado, además, que logre desalojar en el menor tiempo posible un gran volumen de agua pluvial, ya que hoy en día no contamos con este sistema de desalojo pluvial.

TFESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para llevar a cabo lo antes planteado se establecen los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Establecer una línea de drenaje pluvial en la zona centro-sur de la ciudad de Uruapan Michoacán que proporcione el suficiente desalojo del agua de lluvia, ya que actualmente no se cuenta con este sistema, lo cual ocasiona grandes inundaciones a las familias que habitan en ésta zona, así como a las calles aledañas.

Objetivos específicos:

- > Dar una solución óptima a éste problema.
- > Elaborar un diseño que sea costeable y factible.
- > Proporcionar suficiente información técnica para el diseño de nuevos proyectos de drenaje pluvial en zonas que presenten el mismo problema.

Es pues, cuando se va a proyectar y diseñar una carretera, camino ó calle, hay que hacer estudios hidrológicos y geológicos para poder diseñar un sistema de drenaje funcional, económico, seguro y que contribuya con la belleza de la obra; con esto se evita el deterioro progresivo de las capas de rodaduras (caliche, cascajo, asfaltos, losas de concreto armado, etc.), base del pavimento, sub-base y sub-rasante, para así prolongar la vida útil de estas obras. En nuestro país vemos como se destruyen nuestras vías públicas por efecto de un "mal drenaje pluvial", antes de cumplir sus periodos de vida útiles.

Las descargas de las aguas de los alcantarillados pluviales y sanitarios van a parar en su gran mayoría a nuestros acuíferos contaminándolos, ya que las aguas de dicho alcantarillado son negras; para evitar estos desechos deben recibir tratamientos (primarios, secundarios, terciarios, etc.) antes de sus descargas en los acuíferos.

Las obras realizadas por ingenieros civiles deben ser económicas, funcionales, seguras y tener cierta estética, de tal manera que cumplan bien los objetivos para los cuales fueron proyectadas y construidas.

La siguiente investigación consta primeramente de generalidades donde se describen las características de la región además de contar con cinco capítulos, donde el primero se describe brevemente los procedimientos topográficos más comunes; en el segundo capítulo se dan los conceptos básicos de la hidrología, en el tercer capítulo se mencionan los organismos operadores responsables de este servicio y las normas de diseño; en el capítulo cuarto se muestra el diseño del alcantarillado pluvial y por último en el quinto se describe brevemente el proceso constructivo junto con el volumen de obra.

CON
FALLA DE ORIGEN



GENERALIDADES.

Uruapan es uno de los 113 municipios del estado de Michoacán, la ciudad es uno de los centros urbanos más importantes del estado. Se localiza en la porción oeste del estado de Michoacán, entre los paralelos $19^{\circ} 38' 00''$ y los meridianos $101^{\circ} 56' 00''$; a los $19^{\circ} 12' 00''$ de latitud norte y a los $102^{\circ} 22' 00''$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con una variación en altitud de 900 m.s.n.m. a 3280 m.s.n.m. en el "cerro de Angahuan", la cabecera municipal se encuentra a 1,650 m.s.n.m.



Fuente: Instituto de Geografía UNAM – Gobierno del Estado, 1988.

001 AGUTZIO	030 EGUANDUREO	59 NUEVO URECHO	087 TARETAN
002 AGUILILLA	031 EPTACIO HUERTA	60 NUBARAN	088 TARIMBARO
003 ALVARO OBREGON	032 EPONGRICIARUO	061 COCAMBO	089 TERPACATEPEC
004 ANGAMACUTIRO	033 GABRIEL ZAMORA	062 PALACUARAN	090 TINGAMBATO
005 ANGANGEO	034 HIDALGO	063 PANHENDIARUO	091 TINGUNDIN
006 APATZINGAN	035 HUACANA LA	064 PARACUARO	092 TIOUICHO DE NICOLAS ROMERO
007 APOPO	036 HUANDACAREO	065 PARACHO	093 TIOUICHO DE NICOLAS ROMERO
008 AGUILA	037 HUAMIQUEO	066 PATZCUARO	094 TLALPUJAHUA
009 ARIO	038 HUETAMO	067 REJAMILLLO	095 TLAZACALCA
010 ARTEAGA	039 HURAMBIA	068 PERIBAN	096 TOCUMBO
011 BRISGRAS	040 INGAPARAPEO	069 PIEDAD, LA	098 TUMBISCATIO
012 BUENAVISTA	041 IRIBIBO	070 PUREPERO	097 TURICATO
013 CARACUARO	042 IXTLAN	071 PURLANDIRO	098 TUXPAN
014 COAHUAYANA	043 JACONA	072 OURENDARO	099 TLIZANTLA
015 COALCOMAN DE VAZQUEZ PALLARES	044 JIMENEZ	073 QUIROGA	100 TZINTZINTZAN
016 COENEJO	045 JIQUILPAN	074 COJUMATLAN	101 TZITZIO
017 CONTEPEC	046 JUAREZ	75 DE REGULAS	102 URUAPAN
018 COPANDARO	047 JURUPARO	76 REYES, LOS	103 VENUSTIANO CARRANZA
019 COTLIA	048 LAGUNILLAS	78 SAHUAJ	104 WILLAMAR
020 CUTZEO	049 MADERO	77 SAN LUCAS	105 VISTA HERMOSA
021 CHARAPAN	050 MARAVATIO	78 SANTA ANA MAYA	106 YURECIARO
022 CHARO	051 MARCOS	079 SALVADOR	107 ZACARU
023 CHAVINDA	052 CASTELLANOS LAZARO CARDENAS	080 ESCALANTE	108 ZAMORA
024 CHERAN	053 MORELIA	081 SUSUPUATO	109 ZINAPARO
025 CHILCHOTA	054 MORELOS	082 TACAMBARO	110 ZINAPACUARO
026 CHINGUILA	055 MUCUCA	083 TANCITARO	111 ZIRACARITIRO
027 CHUCANDIRO	056 NAJALATZEN	084 TANGAMANDIARO	112 ZITACUARO
028 CHURINTZIO	057 NOCUPETARO	085 TANGANCICUARO	113 JOSE SIXTO VERDEZCO
029 CHURUMAUO	058 PARANGARICUTIRO	086 TANGIATO	

**a.)- Superficie territorial**

La extensión territorial del municipio de Uruapan es de 830.28 km², representando, éstos el 1.46 % del total de la superficie estatal.

b.)- Colindancias.

El municipio colinda al norte con los municipios de los Reyes, Charapan y Paracho; al este con Nahuatzen, Ziracuaretiro y Taretan; al sur con Gabriel Zamora y Parácuaro; y al oeste con los municipios de Tancitaro, Nuevo Parangaricutiro y Peribán.

c.)- Localidades y tenencias.

En el municipio existen 137 localidades de diversos tamaños y características geográficas. El mismo se compone de 9 tenencias: Nuevo Zirosto, Caltzontzin, San Lorenzo, Corupo, Jucutacato, Angahuan, Santa Ana Zirosto, Jicalán y Capacuaro.

d.)- Antecedentes históricos y territoriales.

Se tienen referencias confiables de que en Uruapan ya había asentamientos humanos Purépechas mucho antes de la llegada de los españoles. Una vez consolidada la conquista europea, Fray Juan de San Miguel fundó definitivamente la ciudad en el año de 1553, reuniendo a los indios Purépechas de las diversas comunidades.

El trazo de Uruapan estuvo sujeto a las normas de urbanización de España, en esquema de retícula ordenado a ejes de norte a sur y de este a oeste.

e.)- Temperatura media anual.

El municipio a lo largo de su territorio cuenta con diferentes tipos de climas, no obstante la temperatura media es de 21.7°C, lo que constituye un clima templado húmedo con abundantes lluvias, llegando a tener una precipitación promedio de 1,457 mm. anuales.

f.)- Orografía.

El municipio de Uruapan, está incluido dentro de la Sierra Volcánica transversal, principal sistema montañoso del estado. La orografía está compuesta de terrenos accidentados con una topografía montañosa, lomas, mesetas y llanuras. Las principales elevaciones del municipio son: "el cerro Angahuan", con 3280 mts, el



cerro "El Metate", con 2,900 mts, cerro "El Horno", y "el cerro de la Cruz", con 2,300m.

g).- Recursos hidrológicos.

Su hidrología tiene un potencial muy importante, estos recursos se componen principalmente por ríos, manantiales y presas.

El municipio de Uruapan se encuentra localizado dentro de la región hidrológica N°18 del Río Balsas, cuenca de Tepalcatepec-Infiernillo y subcuenca del Río Cupatitzio.

Entre los manantiales, aprovechamientos y canales más importantes están: "Llanos de Uruapan", "Matanhuarán", "Santa Bárbara", "Los conejos", "El sauce", "Cario", "La Loma", "Tejerías", "Jicalán", "La Tamacua", y "Zepecha". Además de las anteriores existen manantiales derivados del río "Cupatitzio" que dotan a la ciudad de agua, tales como: "Revelero I y II", "El pescadito", "La Yerbabuena", "Gandarillas I y II", "Riyitos", "Jicalán" y "Huanita".

Se estima (de acuerdo a C.N.A. y CAPASU) que el volumen total de estos manantiales es de 8,200 lts/seg; los cuales son aprovechados en un 32%, lo que nos da una idea del gran potencial hídrico con que cuenta el municipio, tanto para el consumo doméstico como para el consumo de las actividades económicas que se requerirán en el futuro. Existen en el municipio dos presas importantes, la presa "Cupatitzio" y la presa "Caltzontzin".

En Uruapan son importantes los estudios potamológicos, debido a la existencia de una corriente que nace en la región central y que es un factor importante para la vida y belleza de la región natural.

El río Cupatitzio, cuyo nombre significa en purépecha "Río que canta", tiene su origen en el manantial llamado "La Rodilla del Diablo", que se localiza en el parque nacional "Eduardo Ruiz" al noroeste de la ciudad de Uruapan del Progreso; después de cruzar la ciudad en dirección predominante al sur, se le unen el arroyo "Los Conejos" y los ríos "Parota" y "Paso Real"; hacia el sur y sobre el río "Cupatitzio" se encuentra la Central Hidroeléctrica "Zumpimito", para después llegar a la cascada llamada "La Tzaráracua"; después a menos de 500 metros, se encuentra la presa "Cupatitzio" del municipio de Gabriel Zamora". Dentro de este municipio se encuentra con el río "Del Marqués" y juntos aportan un volumen de importancia al río "Tepalcatepec", a 45 Km. antes de su confluencia con el río "Balsas".

Agua abajo de la confluencia con el río "Tepalcatepec", el río "Balsas" cambia bruscamente su dirección hacia el sur y es en esta zona donde se encuentran localizadas las plantas hidroeléctricas "El Infiernillo" y "José María Morelos" (La



Villita), antes de que el "Balsas" desemboque en el Océano Pacífico junto al puerto "Lázaro Cárdenas", Michoacán.

La cuenca de absorción del "Cupatitzio" abarca 81,086 Has, situadas en los llanos y montañas del norte del municipio y grandes regiones de los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen. Ésta cuenca se divide a su vez en 3 subcuencas, que son: la de "Cocucho", la "Paracho" y la "Nahuatzen".

El drenaje de la cuenca de absorción es de tipo endorreico, por lo que el volumen de precipitación pluvial es igual al volumen de agua que se infiltra, más el evaporado. El volumen infiltrado busca su salida natural hacia la cuenca de escurrimiento situada a un nivel más abajo. La cuenca de escurrimiento se forma por los ríos Cupatitzio y San Antonio (Santa Bárbara), que forman las llamadas subcuencas de escurrimientos Cupatitzio y Caltzontzin (río Santa Bárbara).

El volumen anual de lluvia de la cuenca de absorción es de 1,050.41 millones de m³ y el de escurrimiento es de 579.99 millones de m³, dando un total de 1,630.40 millones de m³ de lluvia registrados en la cuenca del Cupatitzio. De éste total de lluvia se evaporan 1,011.02 millones de m³, 570.31 millones en la cuenca de absorción y 440.71 millones en la de escurrimiento.

h).- Topografía.

El municipio de Uruapan según su situación en los mapas fisiográficos, topográficos y geológicos, se le ha considerado dentro de la provincia del "Sistema Volcánico Transversal" y valles inter montañosos en sus estribaciones meridionales.

El relieve es predominantemente montañoso en la parte norte y centro; le sigue en importancia las depresiones topográficas localizadas hacia el sur; apareciendo algunos valles hacia la parte central, donde se encuentran ubicados los principales asentamientos humanos. En el Noroeste hay cerros de la "Sierra de Tancitaro"; en el Norte la "Sierra de Uruapan" o "Volcanes de Uruapan" se destaca por su gran número de eminencias.

En la parte central del Municipio flanqueada al norte de la ciudad de Uruapan, destaca el "Cerro de la cruz". La altitud promedio de la parte Norte es de aproximadamente 2,100 m.s.n.m.; hacia la parte central donde se encuentra la ciudad la altitud es de 1,650 m; en tanto que al sur es de 1,200 m.

A continuación se mencionan las cinco principales eminencias en orden descendente:

1. "Cerro Angahuan", con una altitud de 3,280 m.
2. "Cerro Santísimo", con una altitud de 3,280 m.



3. "Cerro Janamo", con una altitud de 3,100 m.
4. "Cerro Horno", con una altitud de 2,900 m.
5. "Cerro Canacuaran", con una altitud de 2,900 m.

i).- Edamofología.

Dentro de nuestro municipio encontramos 3 tipos de suelos predominantemente que alineados de norte a sur son:

- *Zona norte y centro*

a) Andosol Húmico. Los andosoles son suelos desarrollados a partir de materiales vítricos, que tienen una baja densidad aparentemente por lo menos en algún horizonte dentro de los 50 cm. de profundidad y con un complejo de intercambio en el que predomina material amorfo; posiblemente tiene un horizonte A y B Cámbrico.

Son suelos de montaña con bosques y pastizales que se caracterizan por su elevada humedad y porosidad, en general son suelos con una buena fertilidad natural basada en su alta reserva de nutrientes minerales; a excepción del Fósforo, elemento que tiene y que es necesario suministrar en forma constante y adecuada, son de fácil manejo en cualquier condición de humedad, pero su elevada susceptibilidad a la erosión cuando llega a secarse obliga a tomar medidas de control tales como, el establecimiento de rotación de cultivo que incluya pastos o la aplicación de riego.

La textura de estos suelos es de tipo medio (arcillas), este tipo de suelos son característicos de lugares con actividad volcánica reciente, ya que se forman a partir de cenizas volcánicas, son suelos arenosos o franjas, y en ocasiones de migajones limosos o arcillosos; en ellos hay una gran cantidad de minerales Coloidales, Aloganos, que junto con las cantidades altas de materia orgánica resultan en una alta capacidad de retención de humedad. Estos se localizan en las laderas de los grandes volcanes, así como en los alrededores de los conos cinéricos recientes; son de color pardo amarillento en las capas profundas; son ricos en materia orgánica pero muy ácidos y pobres en nutrientes, lo anterior se debe a que sus contenidos de Calcio, Magnesio y Potasio son bajos, aún cuando es alta su capacidad de intercambio Catiónico.

- *Zona Sur*

b) Acrisol ortico. El acrisol es un suelo con acumulación de arcilla, ácido o muy pobre en nutrientes, propio de zonas tropicales a templadas muy lluviosas. En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque; los mismos son de colores rojos o amarillos claros y susceptibles a la erosión.



En Uruapan, junto con éste suelo se puede encontrar un tipo secundario que es el Cambisol crómico, el cual es un suelo joven, poco desarrollado que puede ser propio de cualquier clima excepto el de las zonas áridas con variados tipos de vegetación; es de susceptibilidad moderada o alta a la erosión; y su textura es de tipo medio (arcillas). Son estrechamente emparentados con los Luvisoles, en ellos también se han efectuado la translocación de arcilla y la remoción de Cationes, pero en una proporción mayor, por ello su saturación de bases es baja y son de fuerte a muy fuertemente ácidos, por lo que es necesario aplicar cal, nitrógeno y fósforo para elevar su fertilidad. Además, los mismos son muy susceptibles a la erosión.

c) Litosol. Los litosoles son suelos azonales que tienen una morfología no muy definida y que consiste en una masa de fragmentos de roca consolidados, intemperizados en forma incompleta. Se encuentran principalmente en terrenos con pendientes pronunciadas. Aquí también encontramos suelos de tipo Regosol Eutrico, el cual es también Azonal con depósitos profundos de material suave (roca no consolidada), en los cuales muy pocas o casi ninguna de las características del suelo se ha desarrollado claramente, comprenden terrenos con pendientes muy pronunciadas.

j).- Geología

Por las características geológicas y morfológicas de la zona, el Municipio de Uruapan se considera dentro del "Sistema Volcánico Transversal", que se localiza al sur de la "Altiplanicie Mexicana", formado por los procesos volcánicos y constituido por rocas ígneas extrusivas, expelidas por una actividad que tuvo su clima del mioceno al plioceno y aún se manifiesta en el Holoceno con la aparición de volcanes como el "Parícutín". En el norte abundan las rocas ígneas extrusivas, tales como andesitas, riolitas y basaltos, todos asociados con tobas y cenizas volcánicas del cenozoico superior.

En la parte central sobre el oeste de la ciudad, existen derrames de lava basáltica llamados localmente "malpais". La forma de los derrames es de características recientes: terreno abrupto y anguloso, drenaje casi vertical más o menos rápido, alta permeabilidad a causa del intenso fracturamiento de la roca, suelo en proceso de promoción.

En el sur del municipio predominan los granitos y diabasas del cretácico terciario y rocas del cenozoico medio volcánico. Los granitos son rocas plutónicas volcánicas antiguas que han aflorado debido principalmente a procesos erosivos pluviales de gran intensidad.

Es importante señalar la gran cantidad de material aluvial en el noroeste y sobre todo en la zona del río "Cupatitzio" y al este de la ciudad. También es de gran relevancia el gran número de aparatos volcánicos de la zona constituidos por sedimentos piroclásticos acumulados; guijarros, lapillis y cenizas que al contacto con



las altas temperaturas producidas por la actividad ígnea del cráter, se transforman en escorias y tezontles.

Aunque en el Parícutín se encuentra en territorio del municipio de Parangaricutiro, su influencia en Uruapan es importante, además, las lavas y cenizas de éste volcán están en su mayor parte en éste territorio.



CAPITULO 1

TOPOGRAFÍA

Como ya sabemos la topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio, los cuales son: una distancia, una dirección y una elevación. Es por eso que en este primer capítulo se pueden apreciar los conceptos topográficos básicos que nos auxilian en el trazo y elaboración de nuestra línea de drenaje pluvial.

1.1.- DISPOSICIONES GENERALES.

Primeramente se debe llevar un registro de los levantamientos en libretas de campo, especificadas para cada clase de trabajo y por lo general cada hoja lleva un número de folio. Las anotaciones deben hacerse con lápiz de mina relativamente dura, para evitar el manchado de las hojas, debe evitarse el uso de bolígrafo ya que si se llega a mojar nuestra libreta se puede correr la tinta.

Debemos establecer un control horizontal y otro vertical de cada levantamiento realizado, como se indica enseguida:

- El control horizontal debe establecerse por la medición de distancias horizontales de los accidentes topográficos y orientación astronómica de la poligonal de apoyo.
- Para el control vertical deberá definirse un banco de nivel referido al nivel medio del mar, cuya localización sea la más próxima a la zona de estudio.

Al término de la etapa de campo se pasa a la etapa de procesamiento de planos, auxiliándose con los datos anotados en campo con lo referente al levantamiento topográfico.

Para un buen ordenamiento de nuestros datos de campo, las libretas deben clasificarse según el tema y en el orden en que fueron utilizadas, incluyendo en cada una de ellas el índice de su contenido.

1.2.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.

El estudio topográfico se refiere al conjunto de actividades realizadas en campo y en gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para presentarlas en planos a una escala adecuada.



Los estudios topográficos se clasifican de acuerdo a su precisión en:

1.2.1.- Levantamientos topográficos de baja precisión.

Son los levantamientos que tienen una precisión igual o menor a 1:1000 y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos en localidades rurales; el equipo empleado para este tipo de trabajo es: teodolito, brújula, nivel de mano y nivel fijo.

1.2.2.- Levantamientos topográficos definitivos.

Esta clase de levantamientos tiene una precisión igual o mayor de 1:5000 y se realizan con equipo de primer orden como es: distanciómetro, estación total y nivel electrónico.

1.3.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Para la realización de los trabajos topográficos, se debe primeramente recabar la información cartográfica, fotogramétrica y topografía existente sobre el área en estudio.

La información mínima que se debe recopilar es la cartográfica, la cual es editada por dependencias y entidades de la federación como son el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), Comisión Nacional del Agua (CNA) y gobiernos estatales.

Si se cuenta con levantamientos topográficos anteriores de la zona en estudio, se puede analizar la información para determinar la posibilidad de utilizarlos, actualizarlos o complementarlos, según sea el caso.

Cuando exista topografía de áreas vecinas, se establecen los puntos de liga con respecto a la nueva área de estudio, los mismos que deben ser referenciados.

1.4.- POLIGONALES.

1.4.1.- Trazo de apoyo.

Con objeto de comprobar la alternativa de trazo del eje de un conducto (nuestra línea de colectores pluviales), que se selecciona previamente en gabinete con el apoyo de la información cartográfica, se debe llevar a cabo un reconocimiento de campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, características del suelo, relieve y tenencia de la tierra en la zona. En general se



procura que el trazo quede ubicado por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctrica, veredas y límites de predios.

El origen de las coordenadas "X" y "Y" del trazo de apoyo o poligonal auxiliar, que permite definir el eje del conducto, debe referirse a coordenadas cartesianas determinadas por el INEGI en casos extraordinarios, cuando lo anterior no sea posible, pueden utilizarse los medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos.

El levantamiento topográfico del trazo de apoyo, debe estar referenciado a un plano de comparación de bancos de nivel.

1.4.2.- Brecheo.

En el caso de que sea necesario, se debe ejecutar la actividad de brecheo con el ancho necesario, el cual usualmente varía entre 1.5 y 2.0 m, con la finalidad de realizar satisfactoriamente el trazo de apoyo.

Para efectos de clasificación de la vegetación del terreno, se debe considerar:

- Monte ligero, el cual se caracteriza de tener arbustos, pastizales y en general vegetación con características semejantes.
- Monte mediano, que consiste en árboles frutales, platanales y en general, árboles entre 3 y 8 metros de altura.
- Monte pesado, que es bosque cerrado de coníferas, cocotales y todos los árboles de gran altura.

1.4.3.- Monumentación.

La monumentación de los puntos de inflexión y punto sobre tangente (P.I., P.S.T.) y puntos importantes del trazo de apoyo, debe realizarse con mojoneras de concreto precoladas. En el centro de la cara superior de la mojonera, debe colocarse una varilla de 3/8" de diámetro con punta de bala, que defina la línea de trazo; también es necesario que se coloque centrada y con una placa fija de aluminio o de lámina galvanizada en la base superior, marcando sobre ella con número de golpe, el número de mojonera.

Al excavar para hincar la mojonera, se debe apisonar el fondo y enseguida el relleno, dejando sobresalir la mojonera de 10 a 15 cm sobre el nivel del terreno, se deberá colocar primero las mojoneras y a continuación hacer las mediciones.

Los P.I., P.S.T. y puntos importantes que correspondan al trazo de apoyo, deben quedar referenciados con dos mojoneras con las características antes mencionadas



o puntos fijos de la zona como son: bases de torres de transmisión, estribos de puentes, etc. Las mojoneras se sitúan en lugares fijos y seguros, fácilmente identificables fuera del ancho de la franja a seccionar y se determinan con ángulos y distancias.

1.4.4.- Orientaciones astronómicas.

Para obtener con precisión las direcciones de las líneas de los levantamientos y las posiciones geográficas de los diferentes puntos donde se trabaja, es necesario recurrir a las observaciones y cálculos astronómicos, tanto por su precisión como por el hecho de que produce datos invariables. Las orientaciones astronómicas se deben hacer a cada 5 km, así como al principio y al final del trazo de apoyo. Los métodos utilizados pueden ser por distancias zenitales o por alturas absolutas del sol. La determinación del azimut de la línea, se debe hacer con una aproximación de mas-menos un minuto.

Para cada orientación astronómica se debe realizar un mínimo de 4 series, en un croquis debe señalarse el cuadrante donde se encuentre tanto la línea orientada como el sol, en el momento de la observación.

1.4.5.- Poligonales abiertas.

Una vez localizada la línea de trazo de apoyo y establecidos los puntos de partida y bancos de nivel, se realiza el trazo mediante una poligonal abierta, de acuerdo con el método de deflexiones o ángulos horizontales. Por lo general se utiliza un distanciómetro y teodolito con lectura directa a diez segundos (10"), verificando la poligonal con orientaciones astronómicas, de acuerdo a la sección anterior. Se colocan trompos a cada 20 metros, que sirven de ayuda para la realización posterior de la nivelación del perfil y las secciones transversales.

Si por las condiciones del terreno no fuera posible medir tramos completos de 20 m, se puede utilizar el procedimiento de cinta cortada, midiendo tramos horizontales parciales, según lo permitan las condiciones del terreno y hasta completar los 20 m antes citados, pero nunca se deben emplear métodos indirectos.

Con el objeto de replantear en cualquier momento este trazo, se deben referenciar todos los P.I., P.S.T. y puntos importantes del mismo, con las mojoneras necesarias, además de que se deben levantar los cruces con ríos, líneas de alta tensión, puentes, caminos, construcciones, linderos de propiedades privadas, oleoductos, gaseoductos, tuberías de agua potable, alcantarillado, ductos telefónicos y todos los sitios relevantes

Si el trazo atravesara alguna población, se debe definir los parámetros de las construcciones y las calles que incidan en el trazo en cuestión, identificando las



obras subterráneas, en construcción y/o existentes, que puedan interferir en el proyecto.

1.5.- NIVELACIÓN.

1.5.1.- Bancos de nivel (B.N.)

Con lo que se refiere a los bancos de nivel, éstos deben quedar perfectamente localizados e identificados. Se debe presentar una relación donde se indique la siguiente información:

- Número del banco.
- Elevación.
- Ubicación con respecto a la línea de trazo (kilometraje).
- Distancia al eje del trazo.
- Lado en que se ubica (derecho o izquierdo).
- Tipo de banco establecido (monumento u objeto físico, indicado sus características).

Con el objeto de lograr la identificación plena de los bancos de nivel, se deben anexar fotografías y/o video grabaciones de éstos.

Para la obtención de la elevación de un B.N., la nivelación debe de hacerse por alguno de los siguientes métodos:

- Nivelación de ida y vuelta.
- Método de doble altura de aparato.
- Método de doble o triple punto de liga.

1.5.2.- Nivelación diferencial.

La nivelación diferencial se utiliza para obtener el desnivel entre dos o más puntos, y sirve principalmente para:

- Correr la nivelación de un banco de nivel conocido a otro en el área de estudio.
- Ligar bancos de nivel en forma local.
- Comprobar alguna nivelación.
- Dar nivel a vértices de la poligonal.
- Configurar un área determinada.

En los trabajos de nivelación diferencial, la distancia entre el nivel y el estatal no debe ser mayor de 100 m.



1.5.3.- Nivelación de perfil.

Este tipo de nivelación tiene por objeto apreciar con claridad todos los accidentes topográficos por los que atraviesa la línea del trazo, la nivelación de perfil debe tomar con precisión las elevaciones sobre el nivel medio del mar, de todos los P.I., P.S.T. y rumbos que se ubican a cada 20 m sobre la línea de trazo, y todos aquellos puntos que tengan cambios bruscos de pendiente.

1.5.4.- Nivelación de secciones transversales.

Para obtener la configuración del terreno, se aplica el procedimiento terrestre directo con secciones transversales. Habiendo nivelado los trompos a cada 20 m, con nivel fijo se procede al levantamiento de las secciones, con nivel de mano, estadal y cinta.

El ancho de la franja por levantar usualmente es de 50 m, es decir, 25 m, a cada lado de la línea de trazo, éstas dimensiones pueden variar; pero siempre debe cubrir el área requerida, de acuerdo con las características del proyecto y de cada sitio en especial.

Estas secciones deben ser normales (perpendiculares) a la línea de trazo, y en los puntos de inflexión (P.I.), en dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos tangentes. Las secciones transversales deben estar apoyadas en las cotas del perfil de la línea, que fueron determinadas a cada 20 m con nivel fijo.

Con la nivelación del perfil de la línea y el seccionamiento que se realice en el trazo de apoyo, se configura una franja que cubra el área necesaria, con curvas de nivel equidistantes a cada metro o menos dependiendo de lo accidentado de dicha franja. Si se requiere, se hace brecheo o picadura en los sitios donde haya que levantar secciones transversales. La picadura se diferencia del brecheo en que el ancho y el cuidado en la limpieza de la brecha es mucho mejor.

Para la comprobación de los trabajos se recomienda a la supervisión repetir el levantamiento de algunas secciones elegidas al azar.

1.5.5.- Levantamientos especiales.

Se debe realizar los levantamientos topográficos requeridos para proyectar los arreglos de conjunto y los planos de detalle de las estructuras que se proyecten. Estos levantamientos debe realizarse con tránsito de una aproximación de 10" (diez segundos) y nivel fijo.

El método utilizado consiste en el trazo de una poligonal cerrada que comprenda al sitio de interés, sé estaca a cada 20 m y se nivela. A partir de los puntos anteriores se trazan y nivelan ejes auxiliares para formar una cuadrícula. Con la información



anterior se configura la zona de interés, normalmente con curvas de nivel equidistantes a cada 50 cm. En los vértices de la poligonal deben colocarse mojeneras con las características mencionadas anteriormente. Dos de los vértices se referencian cada uno de ellos, mediante otras dos mojeneras ubicadas fuera del trazo de la poligonal.

Los detalles topográficos se deben tomar con el fin de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno así como la ubicación de las calles, zonas sub-urbanas de desarrollo futuro, patios, solares en donde existan cambios de pendiente, zanjas, etc.

1.5.6.- Elaboración de planos topográficos.

Con la información de campo se procede a calcular las poligonales, así como los niveles obtenidos, para elaborar el plano topográfico en planta con su respectivo sistema de coordenadas X, Y, Z y cuadro de construcción de la poligonal incluyendo vértices, ángulos, distancias y rumbos, adicionalmente se debe indicar el norte astronómico, declinación magnética y norte magnético.

En el caso de líneas de conducción, el perfil de la poligonal se dibuja con base en el trazo y la nivelación haciendo origen en la fuente de abastecimiento, captación o planta de bombeo, en la parte inferior del plano se debe indicar kilometraje y elevación a cada 20 metros. En el dibujo de los planos se procurará que tanto en planta como en perfil, el sentido de escurrimiento del agua sea de izquierda a derecha.

Además de todo lo anterior deben de contar los planos con un croquis de localización general en el extremo superior derecho y notas aclaratorias que indiquen los sitios donde se haya establecido los bancos de nivel y las estaciones de observación astronómicas para determinación del azimut, con sus datos respectivos, así como la fuente.

1.5.6.1.- Fotogrametría.

La fotogrametría, se auxilia con la topografía (para obtener puntos de control terrestres), que permite realizar la representación planimétrica de un área. A un punto donde se obtienen sus tres coordenadas, se les denomina "punto de control terrestre".

Mediante la restitución fotogramétrica se puede obtener planos topográficos de precisión, con curvas de nivel equidistantes hasta 50 cm. La calidad de los levantamientos fotogramétricos depende directamente de la altura de vuelo y de la cantidad y localización de los puntos de control terrestre.



1.5.7.- Informe final.

El informe final se debe integrar con los originales de todos los planos (plantas, perfiles y secciones), libreta de campo, álbum fotográfico, video grabación, etc. Se debe elaborar la memoria descriptiva de los trabajos, incluyendo el equipo utilizado y la relación de planos entre otros.

Asimismo, se debe elaborar la memoria de cálculo indicando los procedimientos utilizados o metodologías aplicadas en el cálculo de coordenadas y orientaciones astronómicas. También se debe hacer una relación de libretas de campo con sus índices respectivos y una relación de los bancos de nivel utilizados.



CAPITULO 2

CONCEPTOS BÁSICOS DE HIDROLOGÍA

En este capítulo se analiza la relación existente entre la hidrología y la cuenca hidrológica en estudio, así como algunos métodos de análisis que nos ayudan a determinar la altura de precipitación, además de mostrar los aparatos que comúnmente se utilizan en México para la medición de la lluvia, los cuales son el pluviógrafo y el pluviómetro.

2.1.- CICLO HIDROLÓGICO.

Podemos definir primeramente ciclo, como una serie de fenómenos que se siguen en un orden determinado. En nuestro caso, el "ciclo hidrológico" se basa esencialmente en el agua que se encuentra en la superficie terrestre, la cual se evapora bajo el efecto de los rayos solares y el viento. Al presentarse la radiación solar el vapor de agua que se emana se transporta a la atmósfera en forma de nubes hasta que llega a condensarse y se precipita en forma de lluvia y la cual es aprovechada por las plantas o simplemente se evapora de nueva cuenta, al tocar la superficie terrestre fluye infiltrándose en el subsuelo recargando las aguas freáticas, de manantiales o de lagos. Otra porción escurre directamente a los lagos, ríos y océanos (fig. 2.1).

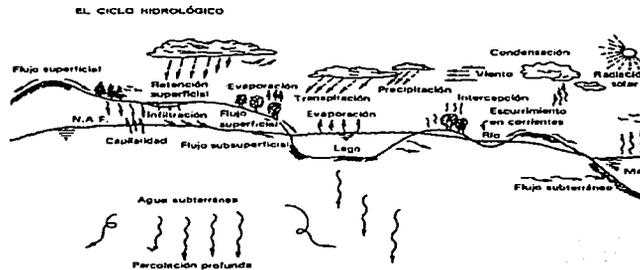
El agua se encuentra dentro de la naturaleza en tres estados:

- Sólido
- Líquido
- Gaseoso

La distribución del agua total en la tierra de acuerdo con su naturaleza es:

*Agua de mar	97.00%
*Glaciales	2.40%
*Agua subterránea	0.54%
*Agua superficial	0.059%
*Agua atmosférica	0.001%

Figura 2.1. Ciclo hidrológico.



Fuente: Aparicio, 1997, 17

2.2.- DEFINICIÓN DE HIDROLOGÍA

Según el Federal Council for Science and Technology:

"La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas, y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra"

Podemos decir, por tanto, que la hidrología es la ciencia natural que se encarga del estudio del agua, ya sea su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas además de su interacción con los seres vivos de la naturaleza. Es necesario limitar la parte de la hidrología que se estudia en la ingeniería a una rama que comúnmente se llama ingeniería hidrológica o hidrología aplicada. El Ingeniero Civil es el encargado de proyectar, construir y supervisar el correcto funcionamiento de obras hidráulicas como puede ser el diseño de puentes, estructuras para el control de avenidas, presas, sistemas de drenaje pluvial o sanitario para poblaciones, sistema de abastecimiento de agua. Sin excepción, estos diseños requieren de análisis hidrológicos cuantitativos para la selección del evento de diseño necesario.

El objetivo de dicha ciencia es la determinación de esos eventos, que se relacionan a las cargas de diseño en el análisis estructural, con lo que respecta a la ingeniería civil. En la mayoría de los resultados obtenidos tenemos cierta incertidumbre, con aproximación limitada en muchos casos y burda en algunos otros. Pero la gran ventaja, es que, al llevarse un buen control y operación del estudio a



tratar, estas estimaciones rara vez son menos aproximadas que las cargas usadas en el análisis estructural.

Así la hidrología toca un aspecto muy importante y vital del medio ambiente, el líquido tan indispensable que nos proporciona la madre tierra, "el agua", además de ser una ciencia primordial para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y el diseño de obras de defensa.

La hidrología está interrelacionada con muchas otras ciencias, entre las cuales se encuentran la meteorología, la climatología, la geología, la hidráulica, la oceanografía, cálculo de probabilidades y la estadística, para el estudio del comportamiento del agua en la naturaleza.

La mayoría de los países del mundo disponen de una o más agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de recolectar y difundir los datos hidrológicos, en México los organismos encargados de esta recolección y de su publicación son la Comisión Nacional del Agua (CNA), Comisión Federal de Electricidad (CFE), y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Esta ciencia se divide en dos ramas:

- Hidrología superficial
- Hidrología subterránea

Para nuestro proyecto la rama que más nos interesa es la Hidrología superficial, porque con ella obtenemos intensidades, escurrimientos, tiempo de concentración del agua, entre otros factores que interactúan para el diseño del alcantarillado pluvial.

2.3.- ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROLOGÍA.

$$I - O = \frac{S}{T} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

"Lo que entra menos lo que sale es igual al cambio de almacenamiento". La ecuación se calcula para un determinado período de tiempo y para un volumen de control.

Donde:

I (Entradas):

- Precipitación.
- Importaciones de agua.
- Escorrentía superficial desde otras cuencas.
- Aguas subterráneas desde otras cuencas.
- Infiltración.

O (Salidas):

- Evaporación.
- Transpiración.
- Escorrentía superficial hacia otras cuencas.
- Exportaciones de agua.
- Aguas subterráneas hacia otras cuencas.
- Infiltración.

S (Cambio de almacenamiento):

- Almacenamiento de aguas subterráneas.
- Almacenamiento por cambio de humedad del suelo.
- Almacenamiento superficial en embalses, en canales y en la propia escorrentía superficial.

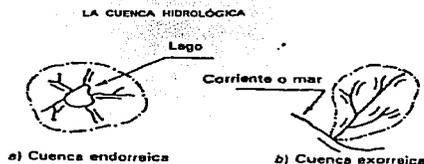
T (Periodo de retorno)**2.4.- CUENCA HIDROLÓGICA.**

"Una cuenca hidrológica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida". (APARICIO, 1987:19)

Esta definición nos hace mención de una cuenca superficial; asociado a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea. Dependiendo del tipo de salida del agua, existen dos tipos de cuencas:

- La primera denominada *endorreica*, en la cual el punto de salida está dentro de los límites de dicha cuenca, que por lo general es un lago (fig. 2.2).
- El segundo tipo son *exorreicas*, en la cual el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y esta en otra corriente o en el mar (fig. 2.2).

Figura 2.2 Tipos de cuencas.



Fuente: Aparicio, 1997: 20



A continuación se describen las características de la cuenca y sus cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escorrimento.

- El *parteaguas* es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa las cuencas vecinas (fig. 2.3).
- El *área de la cuenca* se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (fig. 2.3).
- La *corriente principal* de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma (cuenca exorreica). Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

Figura 2.3



Fuente: Aparicio, 1997: 20

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación. Por ello, se han propuesto un cierto número de indicadores de dicho grado de bifurcación, algunos de los cuales son los siguientes:

El orden de corrientes se determina como se muestra en la figura 2.4. Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida; así, por ejemplo, el orden de la cuenca de la figura 2.4 es 4. Nótese que el orden de una cuenca depende en mucho de la escala del plano utilizado para su determinación; en este sentido, las comparaciones entre una cuenca y otra deben hacerse con cuidado,

especialmente cuando los planos correspondientes no están a la misma escala o están editados por diferentes organismos. (APARICIO, 1987:21)

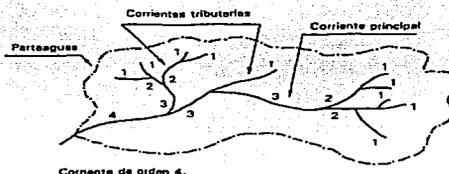
Otros indicadores del grado de bifurcación o eficiencia de una cuenca son la densidad de corrientes D_s , definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área, y la densidad de drenaje D_d , definida como la longitud de corrientes por unidad de área:

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$D_d = \frac{L_s}{A} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde: N_s = Número de corrientes perennes e intermitentes.
 L_s = Longitud total de las corrientes.
 A = Área de la cuenca.

Figura 2.4. Cuenca hidrológica



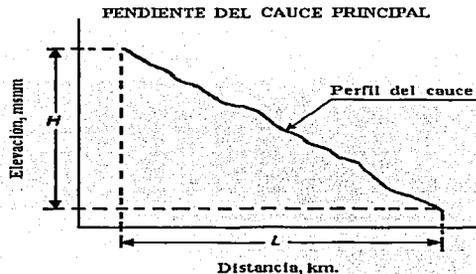
Fuente: Aparicio, 1997: 21

Un orden de corrientes alto o una densidad elevada refleja una cuenca altamente disectada, que responde rápidamente a una tormenta. Las densidades u órdenes de corrientes pequeñas se observan donde los suelos son muy resistentes a la erosión o muy permeables; donde estos indicadores son elevados, los suelos se erosionan fácilmente o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal es escasa.

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que esta pendiente varía a lo largo del cauce es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos, de los cuales se mencionan dos:

- La pendiente es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido entre su longitud medida en planta (ver figura 2.5).
- La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas abajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea. (APARICIO, 1987:22)

Figura 2.5.



Fuente: Aparicio, 1997: 22

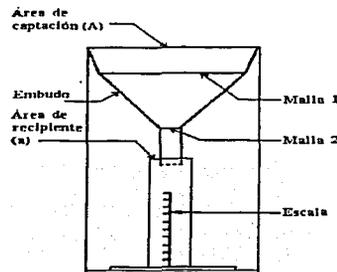
2.5.- MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.

Básicamente los aparatos de mayor uso en México son los *pluviómetros* y los *pluviógrafos*.

Los pluviómetros son generalmente de forma cilíndrica graduados con área transversal denominada "a" al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, y cuya área de captación es A (véase figura 2.6). Por lo general se coloca en el embudo un par de mallas para evitar la entrada de basura, la cual puede interferir en la medición. El área de captación A es normalmente diez veces mayor que el área del recipiente "a", con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente. De este modo es posible hacer lecturas a simple vista hasta de una décima de milímetro de lluvia, que corresponde a un milímetro depositado en el recipiente.



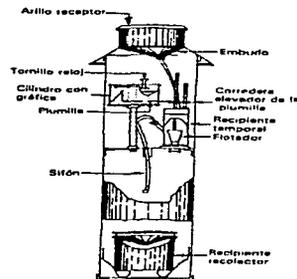
Figura 2.6. Pluviómetro.



Fuente: Aparicio, 1997: 135

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, la única diferencia es que tiene un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo del instrumento está formado por un tambor giratorio que mantiene una velocidad constante y sobre el cual se coloca papel graduado especial. El registro que se obtiene de un pluviógrafo se denomina pluviograma (ver figura 2.7).

Figura 2.7. Pluviógrafo.



Fuente: Aparicio, 1997: 136

Las siguientes densidades mínimas son recomendables para fines hidrometeorológicos generales (red de pluviómetros o pluviógrafos):



- a.-Para regiones planas con zonas tropicales mediterráneas o templadas de 600 a 900 km²/estación.
- b.-Para regiones montañosas con zonas tropicales mediterráneas a templadas distribuir entre 100 a 250 km²/estación.
- c.-Para islas montañosas pequeñas con precipitación irregular 25 km²/estación.
- d.-Para zonas áridas y polares de 1500 a 10,000 km²/estación.

2.6.- ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN.

2.6.1.- Lluvia media.

Con lo que respecta a la lluvia media, nos hace mención acerca de la lluvia que cae en un sitio dado distinto de la que cae en los alrededores aunque sean en lugares cercanos. Para los cálculos que nos interesan, es necesario conocer la lluvia media en una zona dada, el caso de la cuenca de estudio.

Para el calcular ésta lluvia media de una tormenta dada es necesario hacer mención de tres métodos de uso generalizado.

a).- Método aritmético.

Consiste en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

donde:

\bar{h}_p = Altura de precipitación media.

h_{pi} = Altura de precipitación registrada en la estación "i".

n = Es el número de estaciones bajo análisis.

b).- Polígonos de Thiessen.

El método se basa básicamente en:

- Se unen líneas rectas previamente dibujadas en el plano de una cuenca, las estaciones mas cercanas entre sí. Con esto formamos triángulos en cuyos vértices se ubican las estaciones pluviométricas.

- A continuación trazamos líneas rectas que bisecten los lados de los triángulos formados anteriormente. Por simple geometría, las líneas correspondientes de cada triángulo convergerán en un solo punto.
- Cada estación estará rodeada por las líneas rectas del paso anterior, lo cual da lugar a los *polígonos de Thiessen* y, en otros casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada por los *polígonos de Thiessen* y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente (fig. 2.8).
- Por otro lado, con lo que respecta a la lluvia media la podemos calcular mediante un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente.

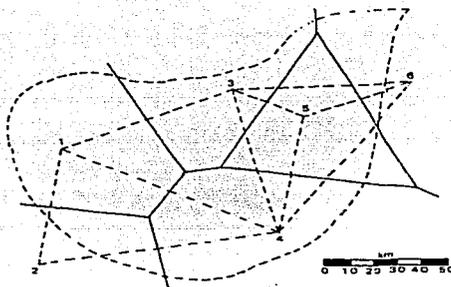
$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

donde:

A_i = Área de influencia de la estación "i".

A_T = Área total de la cuenca.

Figura 2.8.



Fuente: Aparicio, 1997: 141

c).- Método de las isoyetas.

Consiste básicamente en el trazo de líneas que unen puntos de igual altura de precipitación, como si fueran curvas de nivel en topografía, y a las cuales se les dio

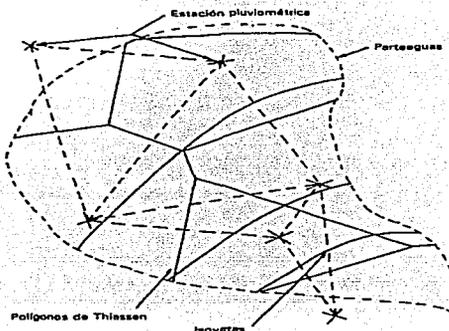
el nombre de isoyetas; estas isoyetas se configuran por medio de información proporcionada de los datos registrados de cada estación (fig. 2.9).

Para el cálculo de la precipitación media, es parecido al de la fórmula utilizada en los polígonos de Thiessen, pero a diferencia de ella, ahora el peso corresponde al área A_i entre dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca, la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas, \bar{h}_{pi} :

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n (\bar{h}_{pi} A_i) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde n es el número de áreas "Ai" consideradas.

Figura 2.9



Fuente: Aparicio, 1997: 143

En lo que respecta al *método aritmético* es el más simple de los tres, pero su desventaja es que no toma en cuenta la distribución de las estaciones en la cuenca ni la manera en que se distribuye la lluvia en el espacio, es decir, le asigna el mismo peso a todas las alturas de precipitación registradas; por ello, es útil únicamente en zonas con topografía muy suave y condiciones atmosféricas muy uniformes, o bien para tener sólo una idea aproximada de la altura de precipitación media.

En cambio el *método de los polígonos de Thiessen* sí toma en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca, pero no los factores topográficos y de otro tipo que afectan a la distribución de la lluvia; este método es, sin embargo, más



conveniente que el de las *isoyetas* desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos, como cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o se eliminen estaciones.

El más preciso de los *métodos es el de las isoyetas*, si éstas se dibujan de manera que tomen en cuenta los efectos topográficos en la distribución de la lluvia, para lo que es necesario tener cierta experiencia. Por otra parte, es el método más laborioso de los presentados, pues cada tormenta tiene un plano de isoyetas diferente.

2.7.- INTENSIDAD DE LLUVIA.

La intensidad de lluvia de una cuenca hidrológica se define como la relación que existe entre la altura de precipitación en milímetros en un determinado tiempo. Esta se puede obtener de los registros dados por pluviogramas al proporcionar alturas de precipitación en una duración determinada (generalmente se da en minutos).

Las intensidades de lluvia se expresan por lo general en mm/hrs; esto al dividir la altura de precipitación entre la duración registrada para esa altura en un pluviograma en horas.

$$i = \frac{h_p}{d} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

h_p = milímetros.

d = horas.

i = mm/hr.

Los datos de intensidad son muy importantes para la elaboración de una curva intensidad-duración-periodo de retorno (i - d - Tr) que se analizará en el capítulo 4.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.1.- DEPENDENCIAS RELACIONADAS CON LA PLANEACIÓN, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y VIGILANCIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

3.1.1.- Comisión Nacional del Agua (CNA).

La CNA creada por decreto presidencial el 16 de enero de 1989 como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) es la única autoridad federal facultada para administrar las aguas nacionales. En 1994 la CNA cambia del sector de agricultura a la SEMARNAP, en base a la importancia que el gobierno federal concede al cuidado del medio ambiente y al aprovechamiento de los recursos naturales de los cuales el agua forma parte.

Esta comisión ésta regida por un consejo técnico:

<ul style="list-style-type: none">-Titular S.H.C.P.-Titular S.A.R.H.-Titular SEDESOL-Titular secretaria de salud.-Titular secretaria de energía.-Titular secretaria de contraloría.-Titular SEMARNAP.	}	Facultades
---	---	------------

Facultades: Programación y acción coordinada entre las dependencias de la administración pública federal que intervengan en asuntos del agua.

CNA esta internamente integrada por las siguientes gerencias estatales:

- Gerencia regional noroeste.
- Gerencia regional noreste.
- Gerencia regional norte.
- Gerencia regional Lerma-balsas.
- Gerencia regional Valle de México.
- Gerencia regional sureste.

Conforme a la ley de aguas nacionales y su reglamento, éste organismo tiene como atribución expedir normas oficiales mexicanas en los términos de la ley federal referente a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales.



Además, establece las condiciones que deben cumplirse para el uso del agua considerando la no afectación a terceros ni al medio ambiente y vigila que se cumplan los derechos y obligaciones de los usuarios, lleva a cabo sus acciones a través de las áreas de: operación, construcción, técnica, administración del agua y programación.

3.1.2.- Organismos estatales. Comité de agua potable alcantarillado y saneamiento (COMAPAS).

Se encarga de regular y ejecutar las obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el estado con los recursos asignados para tal fin. Existe un estrecho contacto entre CNA a través de su gerencia estatal y COMAPAS en los diferentes programas de apoyo del gobierno federal y estatal para realizar obras relacionadas con el agua potable y saneamiento.

3.1.3.- Organismos operadores locales (a nivel municipio) CAPASU.

Nace de la necesidad de los ayuntamientos municipales de cumplir con las reglas del programa nacional de agua potable, instrumentado por el ejecutivo federal dentro del programa nacional de solidaridad y así poder obtener los recursos necesarios con participación federal, estatal y municipal, opción única ya que con fondos exclusivos del municipio no podrían ejecutarse las obras necesarias.

Los organismos operadores son los responsables de operar, administrar, conservar, regular y planear los sistemas de agua potable, drenaje sanitario y pluvial, tratamiento de aguas residuales en base a los proyectos integrales elaborados por CNA que contemplan toda la mancha urbana y su desarrollo a largo plazo.

3.2.- NORMAS PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Los lineamientos que aquí se presentan, son producto de la recopilación de publicaciones técnicas elaboradas y aplicadas en el país, por las distintas dependencias relacionadas con la normatividad del sector.

Como todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado, se debe plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas.

Para el diseño hidráulico de cualquier sistema de alcantarillado, se debe de recabar los datos topográficos del área en estudio, además, de proyectar las etapas de construcción inmediata y futura.



3.2.1.- Red de atarjeas

La red de atarjeas tienen por objeto recolectar y transportar el agua pluvial para conducirla a los colectores o emisores. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen las mayores secciones en los tramos finales de la red y no es adecuado hacer reducciones a la tubería en el sentido del flujo.

Las atarjeas se localizan por lo general al centro de las calles, las cuales van recogiendo las aportaciones de los albañales en lo que respecta al drenaje sanitario.

3.2.2.- Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección y limpieza de las alcantarillas. Se utilizan para la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería.

Los pozos de visita tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la superior, son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitirle maniobrar en su interior. Un brocal de concreto o de fierro fundido, cubre la boca.

El piso de los pozos de visita, es una plataforma en la cual se localizan canales (mediante cañas) que prolongan los conductos y encauzan sus caudales. Además, cuentan con una escalera de peldaños de fierro fundido empotrada en la pared del pozo, permitiendo el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado. Atendiendo al diámetro interior de la tubería, los pozos de visita se clasifican como a continuación se describen:

- Pozos de visita comunes, los cuales tienen un diámetro interior de 1.20 m y se utilizan con tubería de hasta 61 cm de diámetro.
- Pozos de visita especiales, presentan un diámetro interior de 1.50 m para tuberías de 0.76 m a 1.07 m de diámetro y 2.0 m de diámetro interior para tuberías con diámetro de 1.22 m y mayores.

Los detalles de los pozos se pueden apreciar al final de este apartado (fig. 3.2.a y 3.2:b.).



3.2.2.1.- Materiales usados en los pozos de visita.

Los pozos de visita pueden ser construidos "in situ" ó prefabricados, su elección dependerá de un análisis económico y en cualquier caso se debe asegurar que la estructura sea totalmente hermética.

Los pozos de visita comúnmente se construyen de tabique, concreto ó mampostería de piedra. Cuando se utilice tabique, el espesor mínimo será de 28 cm a cualquier profundidad. La cimentación del pozo puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado aunque la chimenea sea de tabique. En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra, todos estos elementos se juntan con mortero cemento-arena.

Los pozos de visita se deben aplanar y pulir interiormente con mortero cemento-arena, el espesor del aplanado debe ser como mínimo de 1 cm. Para evitar la entrada de aguas freáticas o pluviales, el aplanado se hace exteriormente, se debe aplanar las dos caras del pozo con mortero mezclando además impermeabilizante.

3.2.3.- Pozos caja.

Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique idéntica a la de los pozos comunes y especiales, su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, arrancan de este último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja; a los pozos de sección horizontal en forma de polígono irregular se les llama pozos caja de unión y a los pozos caja en los que concurre una tubería de entrada y tiene solo una de salida con un ángulo diferente a 180 ° se les llama pozos caja de deflexión.

3.2.4.- Cambios de dirección.

Para los cambios de dirección las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

- Si el diámetro es de 61 cm o menor, los cambios de dirección hasta de 90° de la tubería pueden hacerse en un solo pozo común.
- Si el diámetro es mayor de 61 cm puede emplearse un pozo especial o un pozo caja para cambiar la dirección de la tubería hasta en 45°, si se requiere dar deflexiones mayores, se pueden emplear tantos pozos como ángulos de 45° o fracción sean necesarios.



3.2.5.- Separación máxima entre los pozos de visita.

La separación máxima entre dos de las citadas estructuras, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. De acuerdo con el diámetro se recomiendan las siguientes:

- En tramos de 20 a 60 cm de diámetro, 125 m.
- En tramos de 76 a 122 cm de diámetro, 150 m.
- En tramos de 152 a 244 cm de diámetro, 175 m.

Estas separaciones pueden incrementarse se acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10%.

3.2.6.- Estructuras de caída.

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel, para solucionar ese tipo de problema tenemos las siguientes estructuras de caída:

- *Caídas libres.*- Se permiten caídas hasta de 0.40 m sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial
- *Pozos con caída adosada.*- Son pozos de visita comunes especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel hasta de 2.0 m (plano VC 1990 SAHOP).
- *Pozos con caída.*- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea a los cuales, en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 a 76 cm de diámetro y con un desnivel hasta de 1.5 m (plano VC 1991 SAHOP).
- *Estructuras de caída escalonada.*- Son pozos caja con caída escalonada cuya variación es de 50 en 50 cm hasta llegar a 2.50 m como máximo, están provistas de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación. Se emplean en tuberías con diámetro de 0.91 a 2.44 m.

Ver detalles en hojas al final del capítulo, fig. 3.3.a, 3.3.b. y 3.3.c.

El empleo de los pozos con caída adosada, de los pozos con caída y de las estructuras de caída escalonada, se hace atendiendo a las siguientes consideraciones:



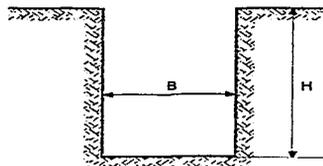
- ✓ Cuando en el pozo las uniones de las tuberías se hagan eje con eje, no se requiere emplear ninguna de las estructuras mencionadas en la sección anterior, uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida.
- ✓ Si la elevación de proyecto de la plantilla del tubo del cual cae el agua, es mayor que la requerida para hacer la conexión y la diferencia entre ellas no excede el valor de 40 cm, se hace la caída libre dentro del pozo uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida, sin utilizar, por lo tanto ninguna de las estructuras mencionadas; pero en el caso de que esta diferencia sea mayor de 40 cm para salvar la caída, se emplea una estructura de alguna de los tipos mencionados.
- ✓ Si la diferencia de nivel entre las plantillas de tuberías, es mayor que las especificadas para los pozos con caída y caja de caída adosada, se construye el número de pozos que sea necesaria para ajustarse a esas recomendaciones.

3.2.7.- Profundidad y ancho de zanja.

Para la correcta colocación de una tubería debe de haber suficiente espacio para maniobrar y colocar el tubo, por lo que a continuación se presentan los anchos de zanjas recomendados (tabla 3.1).

Tabla 3.1. Detalle de anchos de zanja.

DIAM INTERIOR TUBO (cm)	ANCHO DE ZANJA " B " (cm)
20	65
25	70
30	80
38	95
45	110
61	130
76	150
91	170
107	190
122	210
152	250
183	280
213	320
244	355



Fuente: Comisión nacional del agua.



La profundidad de instalación de los conductos queda definido por:

- La topografía
- El Trazo
- Los colchones mínimos
- Las velocidades
- Las pendientes del proyecto
- La existencia de conductos de otros servicios
- La economía de las excavaciones
- La resistencia de las tuberías a cargas externas
- Elevación de la descarga

Las profundidades a las cuales se instalen las tuberías deben estar comprendidas dentro del ámbito de la mínima y la máxima indicadas a continuación:

Profundidad mínima. La profundidad mínima la determinan el colchón mínimo necesario para la debida protección de la tubería.

El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto, ocasionadas por cargas vivas, está en función del diámetro de la tubería por instalar, como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Colchones mínimos.

COLCHÓN MÍNIMO	
DIÁMETRO DEL TUBO	COLCHÓN
Hasta 45 cm.	0.90 m
Mayores de 45 cm y hasta 122 cm	1.10 m
Mayores de 122 cm y hasta 183 cm	1.30 m
Mayores de 183 cm diámetro.	1.50 m

Fuente: CAPASU

Los colchones mínimos indicados anteriormente, podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación de cada caso. Los principales factores que intervienen para modificar el colchón son: el tipo de tubería a utilizar, el tipo de terreno en la zona y las cargas vivas que se puedan presentar.

Profundidad máxima. La profundidad máxima se debe determinar mediante un estudio económico, de las condiciones topográficas del terreno y de la pendiente de la tubería.



3.2.8.- Recomendaciones prácticas para la colocación de tuberías.

- Las tuberías que se instalan serán de juntas de macho y campana hasta 45 cm de diámetro y para diámetros mayores de espiga y caja.
- El colchón mínimo sobre el lomo del tubo debe ser de 90 cm, excepto en los sitios en que por razones especiales se indiquen en los planos otros valores.
- La profundidad mínima de la zanja será la que se obtenga sumando el colchón mínimo, el diámetro exterior de la tubería y el espesor de la plantilla.
- En todas las juntas se excavarán conchas para facilitar el junteo de los tubos de macho y campana y la inspección de éstas.
- Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente como máximo el ancho indicado, pero a partir de ese punto, puede darse a sus paredes el talud que se haga necesario para evitar el empleo de ademe.

3.3.-COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.

Los valores del coeficientes de rugosidad "n", se han determinado para una amplia variedad de materiales de construcción naturales y artificiales para canales y tuberías. En la tabla 3.3 se presentan extractos de una tabla de estos coeficientes tomados de la Secretaria de Recursos Hidráulicos.

La rugosidad, ya sea de un canal o de una tubería no permanece constante con el tiempo ni tampoco con el tirante de flujo. Si se quiere que una tubería tenga un valor "n" razonablemente constante durante toda su vida útil, debe de implementarse un programa continuo de mantenimiento para garantizar un buen funcionamiento en nuestra estructura.

Tabla 3.3.Coefficientes de rugosidad.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN CANALES	
MATERIAL DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE (n)
Concreto con buen acabado	0.014
Concreto con acabado regular	0.016
Mampostería con mortero de cemento con buen acabado	0.02

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRÁULICOS
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS AGUA POTABLE

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	
MATERIAL	COEFICIENTE (n)
*Asbesto cemento	n=0.010
*Concreto liso	n=0.013
*Concreto áspero	n=0.016
*Acero galvanizado	n=0.014
*Fierro fundido	n=0.013
*Acero soldado sin revestimiento	n=0.015
*Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	n=0.011
*Plástico P.V.C.	n=0.009

Fuente: Comisión nacional del agua.



3.4.- PLANTILLA O CAMA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA DRENAJE PLUVIAL.

La plantilla o cama consiste en un material fino sobre el fondo de la zanja que deberá arreglarse con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior (De).

Cuando el fondo de las zanjas en que se instalen las tuberías no tenga la consistencia necesaria para mantenerlas en su posición de forma estable o si la excavación no puede afinarse en tal grado que la tubería tenga el asiento correcto en toda su longitud, se tendrá la necesidad de construir una cama o también llamada plantilla. La carga que una tubería puede soportar no es función exclusiva de sus características intrínsecas, sino que gran parte depende del método de encamado o clase de plantilla empleada para su instalación.

A continuación se describen los tipos de plantillas que se emplean en las tuberías:

Plantilla clase "A". - En este método de encamado la zona externa inferior de la tubería debe apoyarse en concreto simple, que teniendo un espesor mínimo de 1/4" de diámetro interior en la parte más baja del tubo; se extiende hacia arriba por ambos lados hasta una altura que puede ser mayor o menor que el diámetro exterior y mínimo de 1/4" de este.

La cama de arena húmeda compactada produce a las tuberías efectos comparables a los que se obtiene con la de concreto simple y en consecuencia se le clasifica como clase "A".

Plantilla clase "B". - Es el encamado en el cual la tubería se apoya en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior. El resto de la tubería deberá ser cubierto hasta una altura cuando menos de 30 cm arriba de su lomo con material granular fino colocado cuidadosamente a mano y perfectamente compactado, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería, además, éste relleno se hará en capas que no excedan de 15 cm de espesor.

Esta clase de cama ya sea con material clase "A" y/o clase "B" producto de la excavación se empleará generalmente en el tendido de todas las tuberías.

Plantilla clase "C". - La constituye el encamado en el que el fondo de la zanja ha sido previamente arreglado para ajustarse a la parte inferior de la tubería en un ancho aproximado al 50% de su diámetro exterior. El resto de la tubería, será cubierto hasta una altura de cuando menos 15 cm por encima de su lomo, con



materias granular fino colocado y compactado a pala hasta llenar completamente los espacios de abajo y adyacentes a la tubería.

Plantilla clase "D".- Es el encamado en el cual no se toma ningún cuidado especial para conformar el fondo de la zanja a la parte inferior de la tubería, ni en lo que respecta al relleno de los espacios por debajo y adyacentes a las mismas. El detalle de las plantillas se puede apreciar en la fig. 3.4.

3.5.- RELLENO PARA ZANJAS.

La tubería colocada en su posición debe de ser cubierta cuando menos hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería. Este relleno se debe hacer en capas que no excedan de 15 cm de espesor.

El material de relleno final se procurará que sea el mismo, producto de la excavación, seleccionado y libre de piedras; si esto no es posible por el tipo de terreno se hará con material de banco.

Este relleno puede ser compactado según se especifique en el proyecto; el criterio para seleccionar el tipo de relleno será dependiendo del lugar en que se instale la tubería, por ejemplo en el arroyo de una vialidad con tránsito vehicular intenso y que se requiere la inmediata reposición del pavimento todo el relleno será compactado para evitar en lo posible asentamientos posteriores y fracturas del pavimento.

3.6.- ESTRUCTURAS DE DESCARGA.

Para la disposición final o vertido del gasto pluvial, se requiere una estructura de descarga cuyas características dependen del lugar elegido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

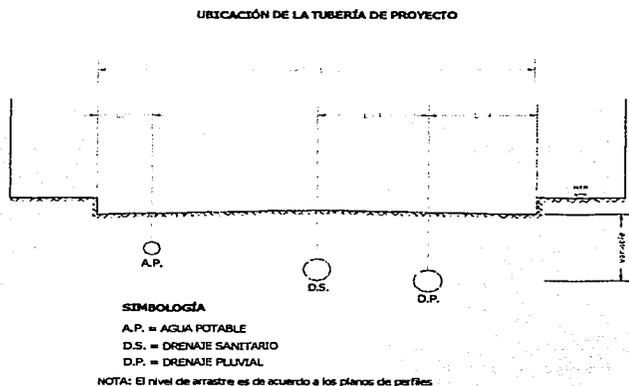
La estructura de descarga puede verter las aguas a presión atmosférica o en forma sumergida, y podrá hacerse al mar, ríos, lagos, pozos de absorción y zonas de riego. Se debe tener en cuenta que antes de descargar las aguas pluviales deben de recibir un tratamiento ya sea primario, secundario o terciario; en caso de que sea necesario dicho tratamiento.

Para el diseño de las estructuras de descarga de un sistema de alcantarillado, es recomendable: localizar adecuadamente la zona del vertido, procurando que no afecte a la mancha urbana a futuro crecimiento.

3.7.- DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS EN CORTE TRANSVERSAL.

En el siguiente dibujo se describe la ubicación de las tuberías de drenaje sanitario, drenaje pluvial y agua potable, la profundidad a la que deben ir dichas tuberías esta en función de las normas correspondientes de diseño.

Fig.3.1. Tubería de proyecto.



Fuente:Elaboración propia.

TRABAJOS CON
FUELA DE ORIGEN

3.8.- PENDIENTES.

La pendiente de cada tramo de tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas. Los valores de las pendientes máximas y mínimas para cada caso, se obtienen a partir de las restricciones de velocidad marcadas en la tabla 3.4.

En casos especiales de fuertes pendientes es conveniente que en el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas, y dependiendo del caso es necesario hacer un estudio técnico-económico para determinar el empleo de pendientes mayores, de tal forma que se pueda tener solo en casos extraordinarios y tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.



Tabla 3.4. Pendientes máximas y mínimas.

PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS
PARA TUBERÍAS DE UNA PARED DE ALCANTARILLADO EN CASOS NOMALES

DIÁMETRO NOMINAL (cm)	CALCULADAS				PENDIENTES RECOMENDABLES	
	MÁXIMA V=3.00 m/s		MÍNIMA V=0.60 m/s		PARA PROYECTOS	
	a tubo lleno		a tubo lleno		(EN MILESIMOS)	
	PENDIENTE MILESIMOS	GASTO LTS/SEG	PENDIENTE MILESIMOS	GASTO LTS/SEG	MAXIMA	MINIMA
20	82.57	94.24	3.30	18.85	83	4(ver nota 2)
25	61.32	147.26	2.45	29.45	61	2.5
30	48.09	212.06	1.92	42.41	48	2.0
38	35.09	340.23	1.40	68.05	35	1.5
45	28.01	477.13	1.12	95.43	28	1.2
61	18.67	876.74	0.75	175.35	19	0.8
76	13.92	1360.93	0.56	272.19	14	0.6
91	10.95	1951.16	0.44	390.23	11	0.5
107	8.82	2697.61	0.35	539.52	9.0	0.4
122	7.41	3506.96	0.30	701.39	7.5	0.3
152	5.53	5443.75	0.22	1088.75	5.5	0.3
183	4.31	7890.66	0.17	1578.13	4.5	0.2
213	3.52	10686.82	0.14	2137.96	3.5	0.2
244	2.94	14027.84	0.12	2805.57	3.0	0.2

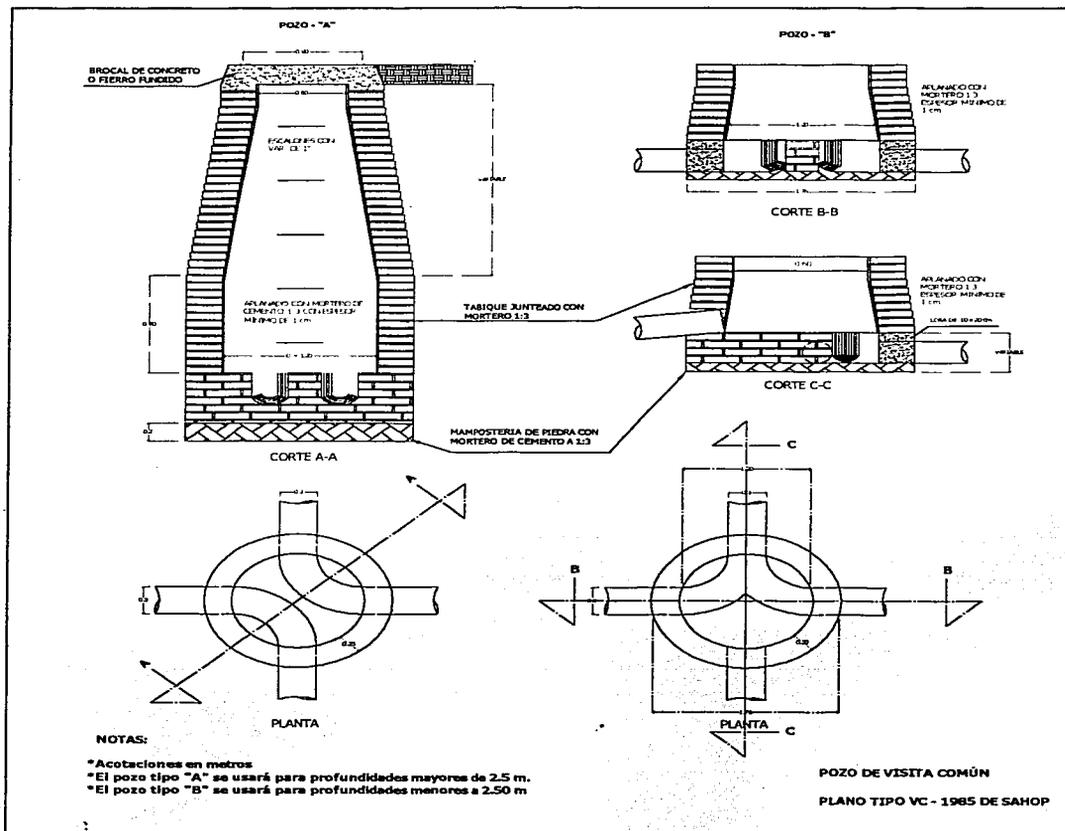
NOTAS:

- 1.-Fórmula empleada.
- 2.-Para lograr un mejor funcionamiento hidráulico, se proyectarán las atarjeas de 20 cm. de diámetro con una pendiente mínima de 4 milésimos.

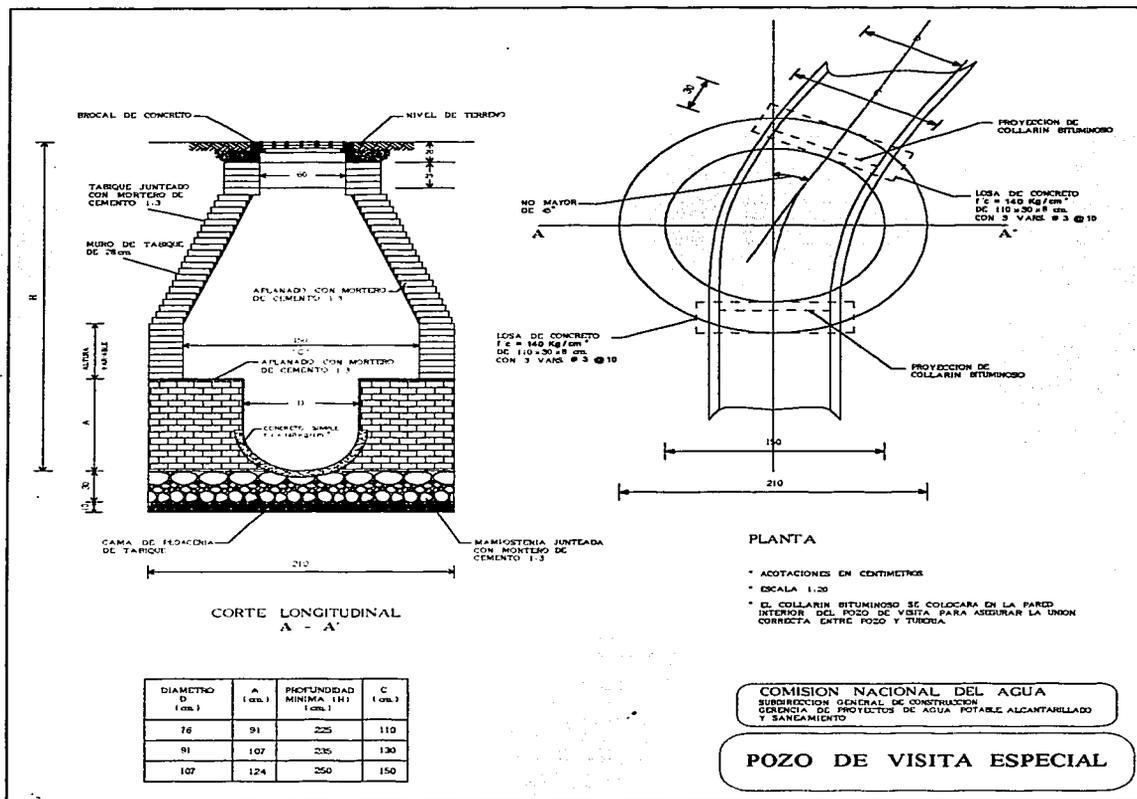
Fuente:CAPASU

TRABAJE CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.3.2.a.Detalle de pozos de visita común.

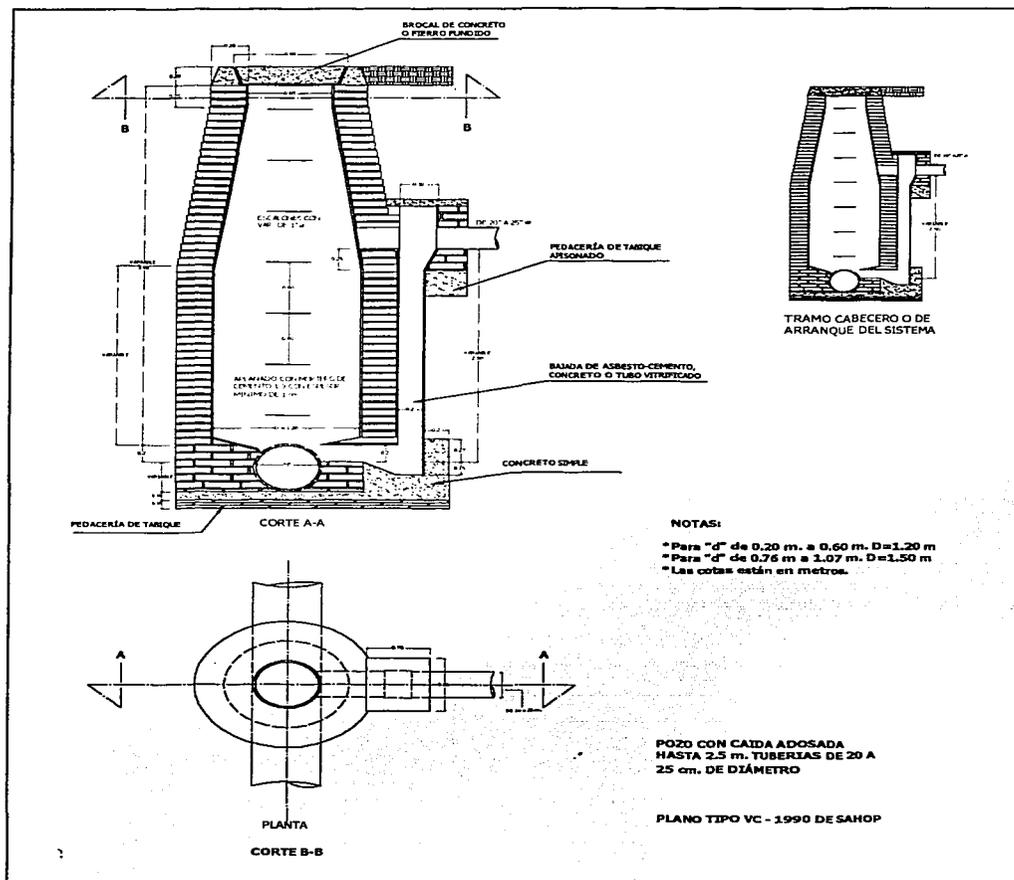


Fuente: Comisión nacional del agua.

Fig.3.2.b.Detalle de pozos de visita especial.


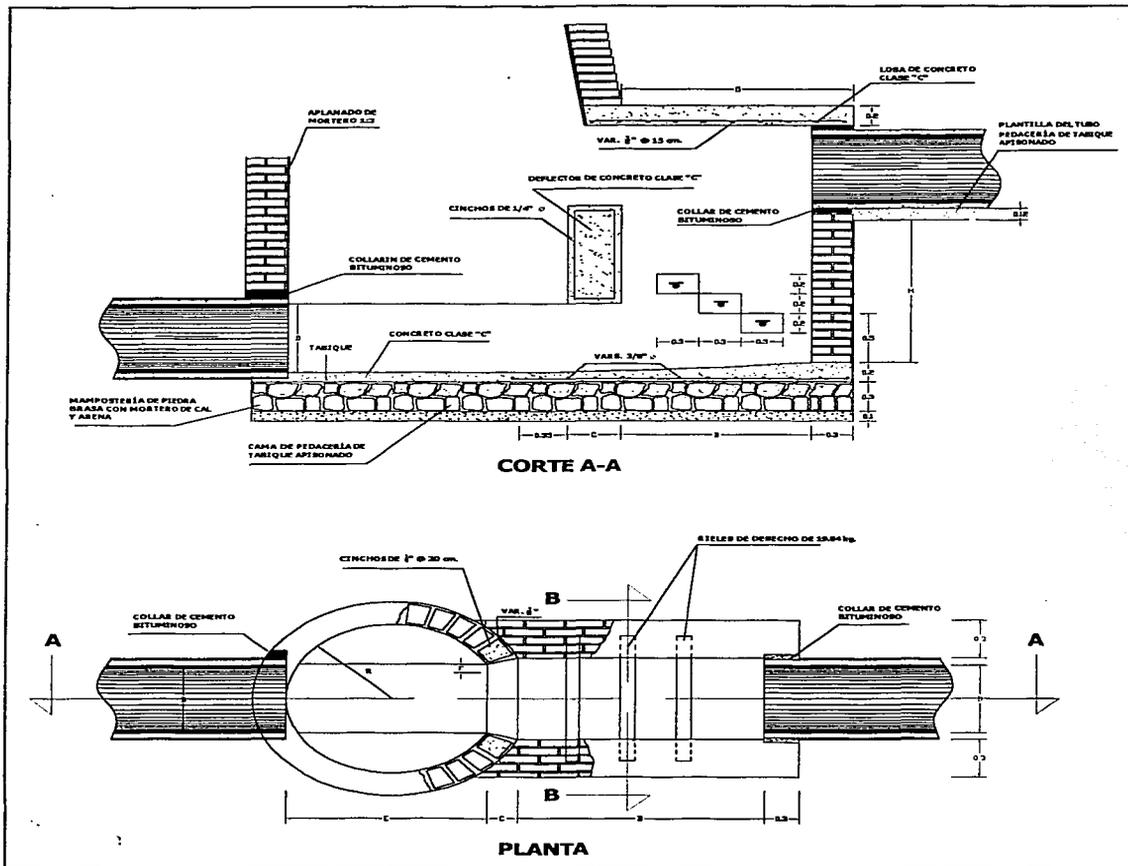
Fuente: Comisión nacional del agua.

Fig.3.3.b.Detalle de pozos de caída adosada.



Fuente: Comisión nacional del agua.

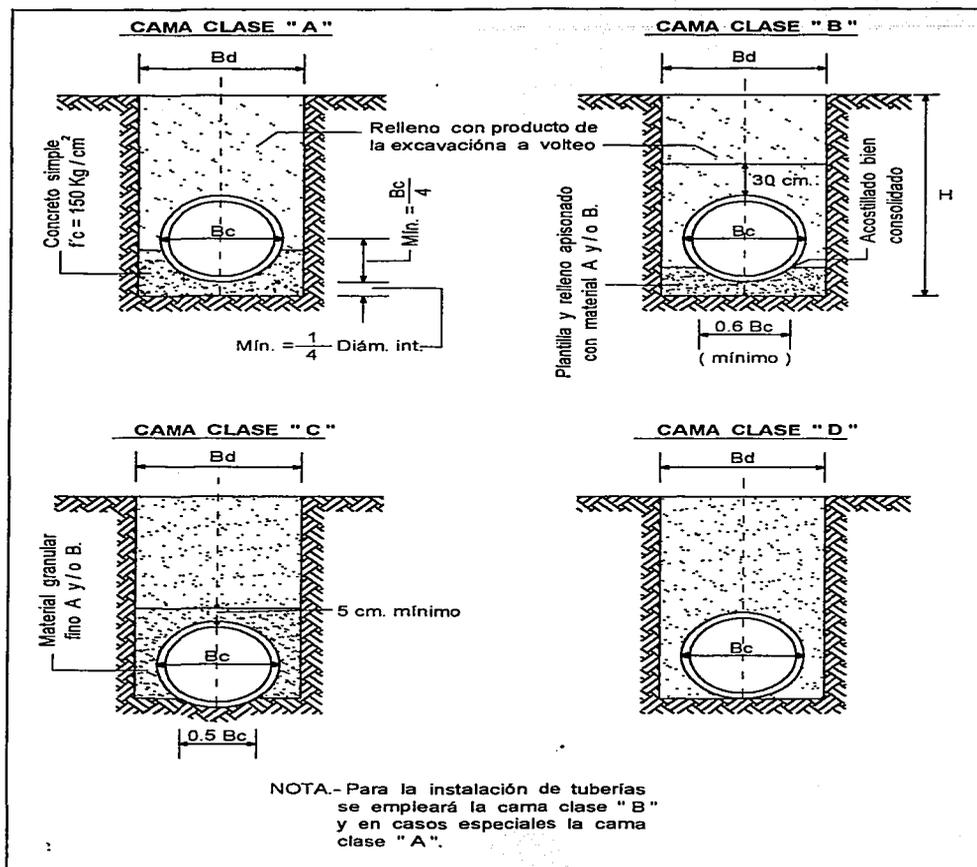
Fig.3.3.c.Detalle de pozo con caída escalonada.



Fuente: Comisión nacional del agua.



Fig.3.4.Detalle de plantillas para tubería.



Fuente: Comisión nacional del agua.

**CAPITULO 4****PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL**

El grado óptimo de una estructura depende, por un lado, de su costo y, por otro, del costo de las pérdidas asociadas con una falla. Por ejemplo, puede ser aceptable que un aeropuerto pequeño se inunde en promedio una vez cada dos o tres años, si el costo de su sistema de drenaje se compara con el de uno que sólo permita inundaciones una vez cada 50 años en promedio, o más aún, podría resultar totalmente incosteable un sistema de drenaje con el que se pudiera extraer cualquier cantidad de precipitación por grande que fuera y sería imposible de construir.

Al menos en lo que a la teoría estadística respecta, no es posible tener una seguridad del 100% de que no se presente ninguna avenida máxima cuyas dimensiones hagan insuficiente a alguna estructura de ingeniería, tan solo se puede hablar de aceptar un riesgo pequeño. La magnitud de este riesgo aceptable depende del balance entre el costo de la obra y de los daños que producirán al verificarse una falla, y para poder determinar cuál es el riesgo que se corre al proponer los parámetros de diseño de la obra.

4.1.- DATOS DE PROYECTO.**4.1.1.- Información hidrológica.**

Es sumamente común que no se cuente con registros adecuados de escurrimiento en la cuenca de interés, para determinar los parámetros necesarios de diseño y operación de obras hidráulicas. En general los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimiento, además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, talas, urbanización, etc. Por ello es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

- Área de la cuenca.
- Altura total de precipitación.
- Características generales de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc.)
- Distribución de la lluvia en el tiempo.
- Distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca.



4.1.2.- Período de retorno (Tr).

También llamado tiempo de recurrencia, es el intervalo de tiempo medio que transcurre antes de que una determinada precipitación sea igualada o excedida. El período de retorno es también el recíproco de la *frecuencia* de una precipitación entendiéndose por esto el número de veces que puede ser igualada o superada en un determinado intervalo de tiempo.

Para la determinación del "Tr" y "F" (período de retorno y frecuencia de una precipitación respectivamente), se deben conseguir primeramente los datos o registros pluviométricos o pluviográficos observados en cada año y enseguida se procede al ordenamiento de los datos y la clasificación de los mismos.

Para el cálculo de la frecuencia por lo general se usan las siguientes fórmulas:

$$F(y \geq y_1) = \frac{m_i}{n} \quad (\text{Método California}) \quad (\text{Ec.4.1})$$

$$F(y \geq y_1) = \frac{m_i}{(n+1)} \quad (\text{Método de Kimbal}) \quad (\text{Ec.4.2})$$

donde:

$F(y \geq y_1)$ = Frecuencia en que un evento es igual o mayor al registrado en un año determinado.

y_1 = Evento mayor en un año en específico.

y = Evento mayor que puede superar al de un año.

m_i = Número de orden que ocupa el dato en la clasificación.

n o N = Número total de datos registrados hasta la fecha última en la estación.

Para el cálculo del período de retorno se define la fórmula aplicable de la siguiente manera:

$$Tr = \frac{(n+1)}{m_i} \quad (\text{Ec.4.3})$$

donde:

Tr = Período de retorno.

n = Número de datos.

m_i = Número de orden en una lista de mayor a menor de los datos.

Si el análisis de las observaciones busca eventos para periodos mayores a 5 años, se recomienda utilizar una serie de datos compuestos de valores máximos anuales, es decir, tomando el mayor evento de cada año. Por el contrario si el análisis busca eventos que ocurren más frecuentemente, es mejor manejar las series parciales para periodos de retorno menores de 5 años. Las series parciales se construyen tomando



todos los valores de la variable hidrológica considerada por encima de algún valor base seleccionado. Este valor base se escoge de tal manera que no se incluyan más de dos o tres eventos en cada año (para facilitar el trabajo podemos obtener el promedio por año y se selecciona 2 o 3 valores mayores por encima del promedio). Sin embargo, para las distintas obras a realizar es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones dadas por algunas fuentes especializadas, las cuales a continuación se enlistan:

Tabla 4.1. Frecuencia de diseño en función del tipo de zona.

FRECUENCIA DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ZONA

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)
*Zona residencial	3 a 10
*Zona comercial e industrial	10 a 50
*Colectores principales	10 a 100
FRECUENCIAS DE DISEÑO PARA CANALES DE AGUAS PLUVIALES	
<i>Canales que drenen áreas menores a 1000 Has</i>	
Sección revestida en concreto	10 años.
Capacidad total	25 años.
<i>Canales que drenen áreas mayores a 1000 Has.</i>	
Sección revestida en concreto	10 años.
Capacidad total	50 años.
<i>Canales interceptores de aguas pluviales.</i>	
Sin poner en peligro vidas humanas	100 años
FRECUENCIAS DE DISEÑO PARA OBRAS DE DRENAJE	
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	PERÍODO DE RETORNO
*Desviación de crecientes en proyectos hidroeléctricos	25 a 50
*Colectores de aguas pluviales en ciudades dependiendo del tipo de zona dentro de la ciudad.	2 a 10
*Alcantarillado para carreteras	1.1 a 5

Fuente: López, 1999: 313

4.1.3.- Curvas intensidad-duración-periodo de retorno (i-d-Tr).

El método con el cual se puede determinar la i , d y Tr para un sitio dado es el que relaciona simultáneamente las tres variables en una serie de curvas cuya ecuación es:

$$i = \frac{k Tr^m}{(d + c)^n} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

En la cual k , m , n y c son constantes que se determinan mediante un análisis de correlación múltiple.

Por otro lado si sacamos logaritmos a la ecuación obtenemos:

$$\log i = \frac{\log (k Tr^m)}{\log (d+c)^n} ; \quad \log i = \frac{\log k + m \log Tr}{n \log (d+c)}$$

$$\log i = \log k + m \log Tr - n \log (d+c)$$

La ecuación anterior se puede escribir de la siguiente manera:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad (\text{Ec. 4.5})$$

de la cual:

$$y = \log i ; a_0 = \log k ; a_1 = m ; x_1 = \log Tr ; a_2 = -n ; x_2 = \log (d+c)$$

Esta ecuación corresponde a una familia de líneas rectas de pendiente a_2 , ordenada al origen a_0 y espaciamiento a_1 .

Si se dibuja los datos de i , d y Tr en papel logarítmico, por lo general forman líneas rectas. En ocasiones las rectas resultan ligeramente curvas, lo cual se puede corregir agregando a las duraciones una constante "c", o en otros casos cuando la pendiente de las líneas tiene variaciones se puede dividir la línea para cada periodo de retorno en dos rectas. Por otra parte si los datos se agrupan lo suficiente en líneas rectas el valor de "c" se considera como cero.

Retomando la ecuación anterior, si hacemos un ajuste de correlación múltiple de una serie de tres tipos de datos, se obtiene un sistema de ecuaciones como se muestra:

$$\begin{aligned} \sum y &= a_0 N + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 \\ \sum (x_1 y) &= a_0 \sum x_1 + a_1 \sum (x_1^2) + a_2 \sum (x_1 x_2) \\ \sum (x_2 y) &= a_0 \sum x_2 + a_1 \sum (x_1 x_2) + a_2 \sum (x_2^2) \end{aligned} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

Donde N es el número de datos y las incógnitas a_0 , a_1 , a_2 ; x_1 , x_2 y y es respectivamente el periodo de retorno, la duración (con la constante "c" agregada de ser necesario) e intensidad, que se obtienen de un registro de precipitación. Después de haber obtenido los valores de a_0 , a_1 y a_2 es posible valorar los parámetros k , m y n .

4.1.4.- Coeficiente de escurrimiento o de impermeabilidad.

No toda el agua de lluvia que cae llega al sistema de alcantarillado, parte de esta se pierde por factores como evaporación, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, infiltración, etc. El factor de mayor importancia es el de infiltración el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por eso que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad.



La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que existen hechos que pueden hacer que su valor varíe con el tiempo. Por una parte, las pérdidas por filtración disminuyen con la duración de la lluvia debido a la saturación paulatina de la superficie del suelo y, por otra parte, la infiltración puede ser modificada de manera importante por la intervención del hombre en el desarrollo de la ciudad, por acciones tales como la tala de árboles y la construcción de nuevos sectores residenciales y comerciales.

En pocas palabras, el coeficiente de escurrimiento representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa el cual toma valores entre 0 y 1 que varía apreciablemente de una cuenca a otra y de una tormenta a otra debido a las condiciones de humedad iniciales.

Tabla 4.2. Valores del coeficiente de escurrimiento:

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEF. DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Zona comercial	0.7	0.95
Vecindarios	0.5	0.7
Unifamiliares	0.3	0.5
Multifamiliares espaciados	0.4	0.6
Multifamiliares compactados	0.6	0.75
Semiurbanas	0.25	0.4
Casas habitación	0.5	0.7
Espaciado	0.5	0.8
Compacto	0.6	0.9
Parques	0.1	0.25
Campo de juego	0.2	0.35
Ferrocarril	0.2	0.4
Zona urbana	0.1	0.3
Asfaltadas	0.7	0.95
De concreto hidráulico	0.7	0.95
Adoquinadas	0.7	0.85
Estacionamiento	0.75	0.85
Techados	0.95	0.75
Suelos arenosos planos (pend. 0.02 o menos)	0.05	0.1
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.1	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.2
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendiente media (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Fuente: Aparicio,1997:210

4.1.5.- Método racional.

La fórmula racional es posiblemente el modelo matemático más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. El modelo toma en cuenta, el área de la cuenca, la



altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizada en el diseño de drenajes urbanos. Si suponemos que cae lluvia de intensidad constante durante un lapso determinado a una cuenca impermeable, al principio el gasto "Q" que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio, es decir, en el que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia será el mismo que el gasto de salida de la cuenca.

Si tenemos una cuenca impermeable, tan solo una parte de la lluvia con cierta intensidad "i", escurre directamente hasta la salida de la misma. Si aceptamos que durante la lluvia o al menos una vez que se ha establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la llamada "fórmula racional", este modelo establece que el caudal superficial producido por una precipitación es:

$$Q_p = 0.00278 Ci Ac \quad (\text{Ec. 4.7})$$

En la expresión anterior "C" es el coeficiente de escurrimiento, el cual representa la fracción de lluvia que escurre de forma directa, "Qp" es el gasto máximo posible que puede producirse con una lluvia intensa "i" en una cuenca de área "Ac", y sus unidades son:

i = en mm / hr.

Ac = en Hectáreas.

C = adimensional.

Q_p = en m³/seg.

0.00278 = factor de conversión a m³/seg.

4.1.6.- Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración "t_c" es el intervalo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector, en otras palabras, es el tiempo que requiere desde el comienzo de la lluvia para que toda el área esté contribuyendo al colector.

Este tiempo lo podemos dividir en dos:

a).- *Tiempo de concentración inicial.* Es considerado como el recorrido del agua en montaña, terreno plano, cunetas, zanjas y depresiones, depende de las características de la superficie y oscila entre 10 y 30 minutos, una fórmula que nos auxilia para el cálculo de dicho tiempo es la siguiente:

$$T_{c_{\min}} = 0.1637 (A) + 8.68 \quad (\text{Ec. 4.8})$$



donde:

$T_{C_{\min}}$ = Tiempo de concentración mínimo de la cuenca en minutos.
A = Área de drenaje de la cuenca en hectáreas.

Podemos observar en la ecuación 4.8, que el tiempo mínimo para un área de drenaje muy pequeña será de 9 minutos aproximadamente. Sin embargo, se estima que en términos generales el tiempo de concentración mínimo para cuencas urbanas no debe ser inferior a 15 minutos.

b).- *Tiempo de recorrido en el colector.* Dependerá de la longitud del colector entre pozos y de la velocidad que adquiere en promedio dentro del mismo. La velocidad estará en función de las pendientes del tubo, además de la rugosidad de la superficie de contacto.

Todo lo anterior lo podemos calcular con la expresión siguiente:

$$t_c = \frac{L}{60v} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

donde:

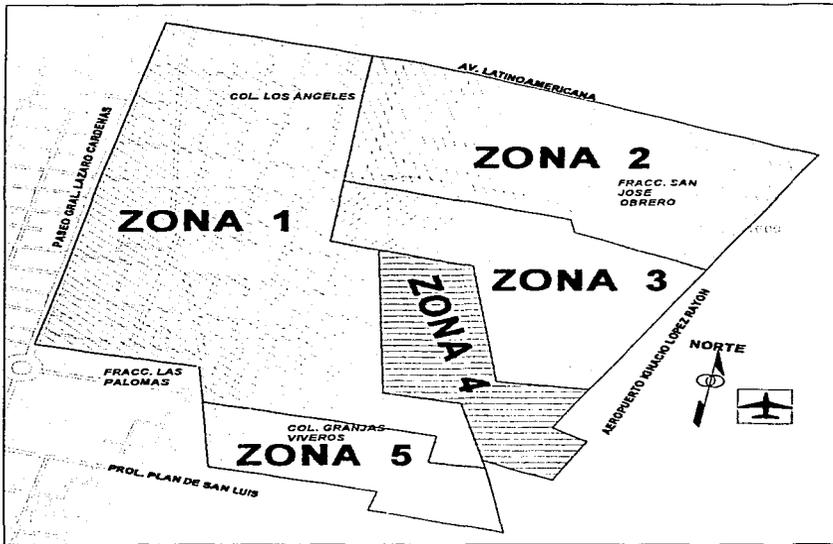
t_c = Tiempo de concentración (minutos)
L = Longitud del cauce principal de la cuenca (mts)
v = Velocidad media del agua en el cauce principal (mts)

4.2.- DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL

4.2.1.- Determinación de la cuenca principal y subcuencas de aportación.

Primeramente para hacer la localización de la cuenca principal tomamos como referencia el sector de la zona sur-centro de la Ciudad de Uruapan Michoacán ubicado entre la Avenida Latino-americana, Paseo Lázaro Cárdenas, calle Hidalgo (colonia Viveros) y el aeropuerto Gral. Ignacio López Rayón. Posteriormente se hizo un recorrido de campo para determinar el escurrimiento del agua de lluvia en forma visual, el cual nos sirvió de gran ayuda para proyectar la cuenca de estudio, la cual dividimos en cinco zonas. Por otra parte verificamos niveles de calles en planos de drenaje sanitario proporcionados por el departamento de obras y proyectos de C.A.P.A.S.U., y con estos comenzamos nuestro diseño.

En el siguiente plano ubicamos las zonas en que se dividió nuestra área en estudio:



Fuente:Elaboración propia.

4.2.2.- Cálculo del periodo de retorno.

Para el cálculo de la "altura de precipitación base" para un periodo de retorno respectivo teniendo como datos iniciales las alturas de precipitación para lluvias de 24 horas, se tiene el procedimiento que se describe a continuación:

- Se conjuntan los datos pluviométricos de los distintos años en los que se tiene registro de lluvia (si en la cuenca se tiene más de una estación se obtiene para cada una de ellas su registro pluviométrico).
- Una vez ubicados los datos históricos, se ordenan de mayor a menor las alturas máximas de precipitación correspondientes a cada año y se les coloca un número de orden " m_i " colocando al mayor " h_{pmax} " (altura de precipitación máxima) en número de orden 1, a la siguiente el 2, el 3,..., hasta la "n" orden.
- De cada registro se calcula el periodo de retorno (Tr).
- Al final de cada columna de precipitación registrada y del " Tr ", se obtiene su sumatoria.



- Finalmente obtenemos los valores promedio de Tr y hp_{max} , con las siguientes expresiones:

$$y = \frac{\sum hp_{max}}{\sum \text{No. de orden}} \quad (\text{Ec.4.10})$$

$$Tr = \frac{\sum Tr}{\sum \text{No. de orden}} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

Con la necesidad de saber la altura de precipitación máxima y un determinado periodo de retorno para posteriormente calcular la intensidad de lluvia de la Ciudad de Uruapan, se investigo la altura de precipitación máxima para una lluvia de 24 horas de 1977 a 1999 en Comisión Federal de Electricidad (CFE.), y se procedió al ordenamiento y clasificación de los datos para realizar los respectivos cálculos que se ubican en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Estación climatológica Uruapan

ESTACION CLIMATOLÓGICA DELIARREN
LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS (en mm.)
PERIODO 1977-1999

6.0	13.4	-	6.6	17.2	62.1	94.0	82.0	96.8	24.6	16.5	4.0
26.5	3.6	6.3	16.8	4.0	35.8	62.1	49.5	80.3	20.6	-	-
-	11.0	-	-	31.2	26.2	60.1	83.2	63.0	6.1	0.4	13.0
86.0	0.5	-	6.8	0.2	38.0	31.6	46.3	34.3	16.6	34.2	-
38.0	0.4	0.4	9.0	25.5	54.5	65.5	84.0	64.0	53.5	10.3	4.2
-	4.0	3.1	0.6	63.4	46.8	32.5	37.3	48.7	31.5	61.0	27.0
-	4.0	22.5	-	127.5	15.2	100.0	52.0	54.9	43.3	86.0	14.0
1.5	19.0	0.4	-	18.3	64.4	112.0	40.0	65.0	27.0	2.6	-
11.5	-	2.0	1.0	2.0	57.0	60.4	60.4	43.5	17.3	2.3	-
6.1	8.5	0.0	0.0	11.6	88.1	36.0	40.3	84.0	40.8	24.0	10.0
8.0	2.0	3.0	8.4	2.8	42.4	57.0	43.0	31.3	13.2	18.5	1.5
5.8	-	23.0	5.0	-	74.3	55.8	67.0	49.5	18.1	-	-
-	-	-	-	-	28.2	40.0	78.0	60.0	36.0	21.8	14.0
6.5	7.0	-	12.3	20.0	51.3	45.0	38.0	75.0	44.5	2.5	0.5
-	5.5	-	-	-	65.0	43.8	61.0	-	16.4	11.6	16.9
145.9	24.6	-	2.4	11.3	40.8	43.8	41.6	39.0	44.7	1.3	8.2
11.4	15.5	-	0.3	0.7	83.7	-	-	32.7	47.5	7.0	-
0.3	-	1.4	-	0.9	54.4	44.5	61.5	52.7	40.0	8.0	0.4
5.6	-	3.3	20.2	29.0	37.3	72.0	94.5	41.2	21.2	28.0	53.0
-	1.3	2.0	-	26.0	72.5	37.8	61.0	39.8	91.6	9.2	1.0
3.8	-	5.3	3.2	24.0	25.0	61.3	44.0	39.0	75.0	23.6	11.0
0.5	-	-	-	1.0	54.6	57.0	32.0	56.8	133.7	-	-
-	-	-	-	-	57.0	59.5	81.0	-	-	-	-

Fuente:Comisión Federal de Electricidad.

En la siguiente hoja apreciamos el cálculo de "Tr" utilizando la ec. 4.3 y hp_{max} , que se registra en su respectivo año, además de haberle proporcionado el número de orden obteniendo finalmente la sumatoria de los datos mencionados anteriormente.

TRABAJOS CON FALLA DE ORIGEN



AÑO	Nº de orden (m)	Tr=(n+1)/m	h _{pmax} registrada
1992	1	24.00	145.9
1998	2	12.00	133.7
1983	3	8.00	127.5
1984	4	6.00	112.0
1977	5	4.80	95.8
1995	6	4.00	94.5
1996	7	3.43	91.5
1986	8	3.00	88.1
1980	9	2.67	86.0
1981	10	2.40	84.0
1993	11	2.18	83.7
1979	12	2.00	83.2
1999	13	1.85	81.0
1978	14	1.71	80.3
1989	15	1.60	78.0
1990	16	1.50	75.0
1997	17	1.41	75.0
1988	18	1.33	74.3
1991	19	1.26	65.0
1982	20	1.20	63.4
1994	21	1.14	61.5
1985	22	1.09	60.4
1987	23	1.04	57.0
suma	n = 23	89.623	1996.80

Sustituyendo los anteriores valores en las ecuaciones 4.10 y 4.11, obtenemos el periodo de retorno por medio de este método:

$$y = \frac{1996.8 \text{ mm}}{23} = 86.8174 \text{ mm}$$

$$Tr = \frac{89.623}{23} = 3.9 \approx 4 \text{ años}$$

Es conveniente tomar en cuenta dos elementos de apoyo para obtener el "Tr" y tener la certeza de que es el correcto, los cuales son:

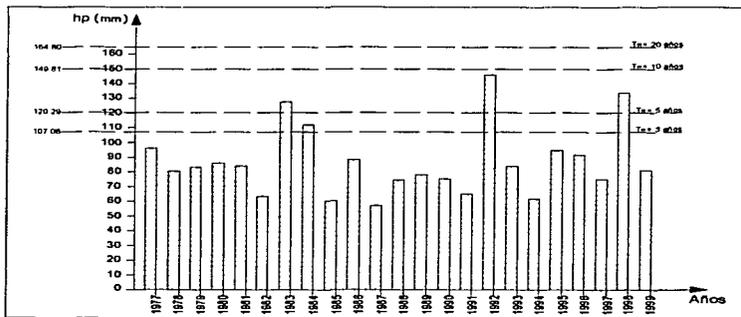
- 1.-Un diagrama de barras indicando en las ordenadas los h_{pmax} de cada año, y en las abscisas sus correspondientes años de registro.
- 2.-Las recomendaciones que fuentes especializadas establecen para un determinado tipo de obra.

Con lo que respecta al proyecto de drenaje pluvial el periodo de retorno se encuentra en un tiempo comprendido entre 2 a 10 años.



De acuerdo con la definición de "Tr" éste es el correcto, por lo que se comparará con el diagrama de barras para ver cuantas series de intervalos de tiempo de 4 años se repiten (esto se hace como una ayuda adicional para determinar si es correcta la apreciación siguiendo la definición de que "el intervalo de tiempo medio que transcurre antes de que una determinada precipitación sea igualada o excedida").

Fig. 4.1. Diagrama de barras.



Fuente:Elaboración propia.

En la gráfica de barras (fig. 4.1), muestra el diagrama de barras en el cual se estimaron series de años en que el "yi" (altura máxima de precipitación) de un año después de un determinado "Tr" superaba a los anteriores, faltando por registrar el de 4 años, para lo cual se muestra enseguida:

Tr=3 años							
series	1	2	3	4	5	6	7
	80.3	84	112	57	75	83.7	91.5
	83.2	63.4	60.4	74.3	65	61.5	75
	86	127.5	88.1	78	145.9	94.5	133.7
	si	si	no	si	si	si	si

Tr=4 años				
series	1	2	3	4
	86	112	74	145.9
	84	60.4	78	83.7
	63.4	88.1	75	61.5
	127.5	57	65	94.5
	si	no	no	no



Tr=5 años				
series	1	2	3	4
	83.2	112	78	61.5
	86	60.4	75	94.5
	84	88.1	65	91.5
	63.4	57	145.9	75
	127.5	74.3	83.7	133
	si	no	si	si

Tr=10 años	
series	1
	127.5
	112
	60.4
	88.1
	57
	75
	145.9
	si

Una serie o intervalo de 10 años.

Tr=20 años	
series	1

En ningún caso se forma el intervalo de 20 años.

El periodo de recurrencia o de retorno que más se repite es el de 3 años por lo tanto es el de diseño, además, por especificación para zonas residenciales varía de 3 a 5 años para una vida útil de 25 años.

En forma consecutiva solo se tiene una serie:

Para $Tr = 3$ años se tienen 6 series.

Para $Tr = 5$ años se tienen 3 series.

Para $Tr = 10$ años se tienen 1 serie.

Para $Tr = 20$ años (se descarta).

Aquí tenemos que aunque $Tr = 4$ años de acuerdo a los datos registrados se presenta con una frecuencia en forma consecutiva, y la de 3 años se presenta 6 veces, por lo que se escoge el de 3 años.

Deducimos que a pesar de haber calculado el "Tr promedio" se acude a la gráfica de barras para ver cuantas series se forman y se compara con otras series de distintos periodos de retorno, rigiendo el periodo que más series presente.

4.2.3.- Cálculo de la altura de precipitación.

Primeramente para poder calcular la intensidad se necesita saber la "hpd", es decir, la altura de precipitación de diseño mediante la ecuación siguiente:

U.D.V.

57

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN



$$h_{pd} = h_{pbase} \times F_d \times F_{tr} \times F_a \quad (\text{Ec. 4.12})$$

De la expresión anterior tenemos que:

h_{pd} = Altura de precipitación de diseño, para un período de retorno, duración y área determinada.

h_{pbase} = Altura de precipitación máxima presentada en 24 horas.

F_d = Factor de ajuste por duración recabado de la figura 3.8 del manual de hidráulica urbana, tomo I, que se reproduce en la figura 4.2.a (ver detalle al final del apartado).

F_{tr} = Factor de ajuste por periodo de retorno obtenido de la figura 3.8 del manual de hidráulica urbana, tomo I, para nuestro caso vale 1, pues los resultados estadísticos que se consignan son para 3 años de periodo de retorno figura 4.2.b (ver detalle al final del apartado).

F_a = Factor de ajuste por área suministrado de la tabla siguiente:

Tabla 4.5

ÁREA (Has)	200	2000	5000
F_a	1	0.93	0.84

Nota: Los valores de los coeficientes de ajuste corresponden a los obtenidos y recomendados por el instituto de Ingeniería de la ciudad de México, para cuando no se dispone de información pluviográfica.

A continuación procedemos a calcular la altura de precipitación de diseño " h_{pbase} ", tomando como ejemplo práctico el primer año de la tabla 4.6, ya que los demás factores se calculan de la misma forma.

- *Cálculo de " h_{pbase} "*

Para la obtención de éste valor, nos basamos en la tabla 4.3, proporcionada por Comisión Federal de Electricidad, de la cual tomamos como referencia el primer año de medición (1977), que corresponde a una tormenta con altura de precipitación máxima presentada en 24 horas.

$$h_{pbase} = 95.80 \text{ mm.}$$



- *Cálculo de "Fd"*

Dado que los datos con que se cuenta son para una tormenta de 24 horas, los cuales debemos transformar primeramente a 2 horas, mediante el factor de ajuste que se representa en la figura 4.2.a. Tomando de referencia el eje de las ordenadas cuyo valor es de 2 horas, trazamos una línea horizontal hasta que intersecte la curva ahí señalada, lo cual nos da un punto como base y a partir de aquí mandamos una línea vertical hasta que corte el eje de las abscisas, lo que nos proporcionará el factor "Fd" deseado, que para nuestro caso es:

$$Fd = 0.72$$

- *Cálculo de "Ftr"*

Haciendo uso de los factores obtenidos anteriormente, podemos saber la altura de precipitación para una duración de 2 horas:

$$(h_{pbase}) (Fd) = (95.80 \text{ mm}) (0.72) = 68.976 \text{ mm.}$$

De acuerdo a la figura 4.2.b, para una duración de 120 minutos nos ubicamos en el eje de las ordenadas trazando nuestra línea horizontal hasta que cruce la curva y posteriormente se señala otra línea pero ahora en sentido vertical lo que nos da de inmediato el valor del factor de ajuste que se encuentra en el eje de las abscisas que tiene el valor de 1.33, los mismos paso se aplican para obtener el factor para 5 minutos el cual corresponde a 0.34, por lo que tenemos lo siguiente:

$$\begin{array}{l} 2 \text{ hrs} \text{ ----- } 68.976 \text{ mm} \text{ ----- } Ftr = 1.33 \\ 0.0833 \text{ hrs (5min.)} \text{ ----- } x \text{ (mm)} \text{ ----- } Ftr = 0.34 \end{array}$$

-Usando la regla de proporción para saber la precipitación en 5 minutos nos da:

$$\begin{array}{l} 68.976 \text{ mm} \text{ ----- } Ftr = 1.33 \\ x \text{ (mm)} \text{ ----- } Ftr = 0.34 \end{array}$$

$$\text{Donde, } x = 17.663; \quad x = h_{pbase} = 17.633 \text{ mm}$$

El mismo procedimiento se aplica para calcular la altura de precipitación de 10, 20, 45, 80 y 120 minutos

- *Cálculo de "Fa"*

El factor Fa toma en cuenta el área de estudio, para nuestro caso corresponde a 169.39 Hectáreas que es aproximadamente de 200, que basándonos en la tabla 4.5 obtenemos:

$$Fa = 1$$



- *Cálculo de "F_{pd}"*

Como se vio anteriormente todo el procedimiento se fue elaborando conforme se iban obteniendo las variables, aplicando la ecuación 4.12 la cual corresponde a:

$$h_{pd} = h_{pbase} \times F_d \times F_{tr} \times F_a$$

Y como último paso, se debe calcular la altura de precipitación de diseño la cual se obtendrá al multiplicarlo por el factor "F_a":

$$h_{pd} = 17.633(F_a) = 17.633(1)$$

$$h_{pd} = 17.633 \text{ mm (para 5 minutos)}$$

Como se ha señalado anteriormente este valor de precipitación corresponde a una lluvia con duración de 5 minutos, los resultados faltantes se analizan siguiendo la misma metodología y los podemos apreciar en la tabla 4.6.

4.2.4.- Cálculo de la intensidad.

Una vez que se tienen las alturas de precipitación de diseño (h_{pd}), procedemos a transformarlas a intensidades, esto es dividiéndolas entre sus respectivas duraciones mediante la ecuación 2.7, en la cual tenemos:

$$i = \frac{h_p}{d}$$

Para dar seguimiento al ejemplo que estamos manejando, tenemos que para una duración de 5 minutos nuestra intensidad queda de la siguiente manera:

$$i = \frac{17.633 \text{ mm}}{0.0833 \text{ hrs}} = 211.596 \text{ mm / hrs.}$$

Por lo que nuestra intensidad para el año de 1977 toma el valor de 211.596 mm/hrs y lo podemos apreciar en la tabla 4.7 fila quinta donde, además, se incluyen las intensidades de la lluvia para 5, 10, 20, 45, 80 y 120 minutos. En esta misma tabla se pueden apreciar que la altura de precipitación máxima registrada, se ordeno de mayor a menor.



Tabla 46 - Tabla de alturas de precipitación

FECHA AÑO	MES	DIA	hp _{max} registrada en 24 hr	Fd	Ftr ₅	Ftr ₁₀	Ftr ₂₀	Ftr ₄₅	Ftr ₉₀	Ftr ₁₂₀	Fa	hp ₀₅	hp ₀₁₀	hp ₀₂₀	hp ₀₄₅	hp ₀₉₀	hp ₀₁₂₀
1977	SEP	-	95.8	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	17.633	31.117	45.120	57.048	64.480	68.976
1978	SEP	-	80.3	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	14.780	26.082	37.819	47.818	54.047	57.816
1979	AGO	-	83.2	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	15.314	27.024	39.185	49.545	55.994	59.904
1980	ENE	-	86.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	15.829	27.934	40.504	51.212	57.884	61.920
1981	AGO	29	84.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	15.491	27.284	39.562	50.021	56.537	60.480
1982	MAYO	21	63.4	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	11.699	20.593	29.820	37.754	42.672	45.648
1983	MAYO	27	127.5	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	23.438	41.414	60.060	75.925	85.616	91.600
1984	JULIO	-	112.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	20.615	36.379	52.749	66.695	75.383	80.640
1985	JULIO	-	60.4	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	11.117	19.619	28.447	35.966	40.653	43.488
1986	JUNIO	-	88.1	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	16.216	28.616	41.493	52.463	59.297	63.432
1987	JULIO	-	57.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	10.491	18.514	26.846	33.943	38.365	41.040
1988	JUNIO	-	74.3	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	13.676	24.134	34.994	44.245	50.009	53.436
1989	AGO	-	78.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	14.357	25.335	36.736	46.448	52.489	56.160
1990	SEP	-	75.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	13.805	24.361	35.323	44.662	50.480	54.000
1991	JUNIO	-	65.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	11.934	21.113	30.674	38.707	43.749	46.800
1992	ENE	-	145.9	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	26.654	47.390	68.716	86.882	98.200	105.048
1993	JUNIO	-	83.7	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	15.406	27.187	39.421	49.842	56.336	60.264
1994	AGO	-	61.5	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	11.320	19.976	28.965	36.623	41.393	44.280
1995	AGO	-	94.5	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	17.394	30.656	44.507	56.274	63.606	68.040
1996	OCT	-	91.5	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	16.842	29.720	43.084	54.487	61.585	65.880
1997	OCT	-	75.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	13.805	24.361	35.323	44.662	50.480	54.000
1998	OCT	20	133.7	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	24.639	43.427	62.970	79.617	89.989	96.264
1999	AGO	21	81.0	0.72	0.34	0.6	0.87	1.1	1.2433	1.33	1	14.909	26.310	38.149	48.235	54.518	58.320

FUENTE Elaboración propia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Tabla 4.7.- Tabla de intensidades.

AÑO	hp.máx. registrada	DURACIÓN (min.)					
		5	10	20	45	80	120
1992	145.9	322.253	284.340	206.147	115.842	73.652	52.524
1998	133.7	295.306	260.564	188.909	106.156	67.493	48.132
1983	127.5	281.612	248.481	180.149	101.233	64.363	45.900
1984	112.0	247.377	218.274	158.248	88.926	56.539	40.320
1977	95.8	211.596	186.702	135.359	76.064	48.361	34.488
1995	94.5	208.724	184.168	133.522	75.032	47.705	34.020
1996	91.5	202.098	178.322	129.283	72.650	46.190	32.940
1986	88.1	194.588	171.696	124.479	69.950	44.474	31.716
1980	86.0	189.950	167.603	121.512	68.283	43.414	30.960
1981	84.0	185.533	163.705	118.686	66.695	42.404	30.240
1993	83.7	184.870	163.121	118.262	66.457	42.253	30.132
1979	83.2	183.766	162.146	117.556	66.060	42.000	29.952
1999	81.0	178.906	157.859	114.448	64.313	40.890	29.160
1978	80.3	177.360	156.494	113.458	63.757	40.536	28.908
1989	78.0	172.280	152.012	110.209	61.931	39.375	28.080
1990	75.0	165.654	146.165	105.970	59.549	37.861	27.000
1997	75.0	165.654	146.165	105.970	59.549	37.861	27.000
1988	74.3	164.108	144.801	104.981	58.993	37.507	26.748
1991	65.0	143.567	126.677	91.841	51.609	32.813	23.400
1982	63.4	140.033	123.558	89.580	50.339	32.005	22.824
1994	61.5	135.836	119.856	86.895	48.830	31.046	22.140
1985	60.4	133.407	117.712	85.341	47.957	30.491	21.744
1987	57.0	125.897	111.086	80.537	45.257	28.774	20.520

INTENSIDAD (mm/hr.)

FUENTE : Elaboración propia

Una vez transformadas las alturas de precipitación a intensidades, es necesario asignarles un número de orden y periodo de retorno a cada uno de ellos, este último mediante la ecuación 4.3.

$$Tr = \frac{(n+1)}{m_i}$$

Si tenemos lo siguiente:

n = Número de datos = 23 elementos.

m_i = Número de orden en una lista de mayor a menor de los datos = 5

Tr = Período de retorno = ?

$$Tr = \frac{(23+1)}{5} = 4.8$$

Por lo tanto nuestro valor de periodo de retorno para el año de 1977 es 4.8, los datos correspondientes a los años faltantes se encuentran en la siguiente tabla:



Tabla 4.8.- Datos pluviográficos (referencias históricas).

Nº de orden	Tr=(n+1)/mi	hP _{máx} registrada	DURACIÓN (min.)					
			5	10	20	45	80	120
1	24.0	145.90	322.253	284.340	206.147	115.842	73.652	52.524
2	12.0	133.70	295.306	260.564	188.909	106.156	67.493	48.132
3	8.0	127.50	281.612	248.481	180.149	101.233	64.363	45.900
4	6.0	112.00	247.377	218.274	158.248	88.926	56.539	40.320
5	4.8	95.80	211.596	186.702	135.359	76.064	48.361	34.488
6	4.0	94.50	208.724	184.168	133.522	75.032	47.705	34.020
7	3.4	91.50	202.098	178.322	129.283	72.650	46.190	32.940
8	3.0	88.10	194.588	171.696	124.479	69.950	44.474	31.716
9	2.7	86.00	189.950	167.603	121.512	68.283	43.414	30.960
10	2.4	84.00	185.533	163.705	118.686	66.695	42.404	30.240
11	2.2	83.70	184.870	163.121	118.262	66.457	42.253	30.132
12	2.0	83.20	183.766	162.146	117.556	66.060	42.000	29.952
13	1.8	81.00	178.906	157.859	114.448	64.313	40.890	29.160
14	1.7	80.30	177.360	156.494	113.458	63.757	40.536	28.908
15	1.6	78.00	172.280	152.012	110.209	61.931	39.375	28.080
16	1.5	75.00	165.654	146.165	105.970	59.549	37.861	27.000
17	1.4	75.00	165.654	146.165	105.970	59.549	37.861	27.000
18	1.3	74.30	164.108	144.801	104.981	58.993	37.507	26.748
19	1.3	65.00	143.567	126.677	91.841	51.609	32.813	23.400
20	1.2	63.40	140.033	123.558	89.580	50.339	32.005	22.824
21	1.1	61.50	135.836	119.856	86.895	48.830	31.046	22.140
22	1.1	60.40	133.407	117.712	85.341	47.957	30.491	21.744
23	1.0	57.00	125.897	111.086	80.537	45.257	28.774	20.520

INTENSIDADES (mm/hr)

FUENTE : Elaboración propia

Una vez que tenemos nuestro periodo de retorno, intensidad y tiempo de duración para una tormenta, procedemos a realizar el ajuste de correlación lineal múltiple mediante la ecuación 4.6:

$$\Sigma y = a_0N + a_1\Sigma x_1 + a_2\Sigma x_2$$

$$\Sigma (x_1y) = a_0\Sigma x_1 + a_1\Sigma (x_1^2) + a_2\Sigma (x_1x_2)$$

$$\Sigma (x_2y) = a_0\Sigma x_2 + a_1\Sigma (x_1x_2) + a_2\Sigma (x_2^2)$$

Por la carencia de datos pluviográficos se considera que la constante "c" tome el valor de cero. En la tabla 4.9 se han calculado los parámetros x_2 , x_1 y y , así como sus productos, cuadrados y las sumas indicadas en la ecuación anterior.

Tabla 4.9. Análisis de los datos de precipitación.

	X_1 log (tiempo)	X_2 log(T _r)	Y log(i)	$X_1 \cdot Y$	$X_2 \cdot Y$	X_1^2	X_2^2	$X_1 \cdot X_2$
5 min.	0.699	1.380	2.508	3.462	1.753	1.905	0.489	0.965
	0.699	1.079	2.470	2.666	1.727	1.165	0.489	0.754
	0.699	0.903	2.450	2.212	1.712	0.816	0.489	0.631
	0.699	0.778	2.393	1.862	1.673	0.606	0.489	0.544
	0.699	0.681	2.326	1.584	1.625	0.464	0.489	0.476



PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL

0.699	0.602	2.320	1.397	1.621	0.362	0.489	0.421
0.699	0.535	2.306	1.234	1.612	0.286	0.489	0.374
0.699	0.477	2.289	1.092	1.600	0.228	0.489	0.333
0.699	0.426	2.279	0.971	1.593	0.181	0.489	0.298
0.699	0.380	2.268	0.862	1.586	0.145	0.489	0.266
0.699	0.339	2.267	0.768	1.584	0.115	0.489	0.237
0.699	0.301	2.264	0.682	1.583	0.091	0.489	0.210
0.699	0.266	2.253	0.600	1.575	0.071	0.489	0.186
0.699	0.234	2.249	0.526	1.572	0.055	0.489	0.164
0.699	0.204	2.236	0.456	1.563	0.042	0.489	0.143
0.699	0.176	2.219	0.391	1.551	0.031	0.489	0.123
0.699	0.150	2.219	0.332	1.551	0.022	0.489	0.105
0.699	0.125	2.215	0.277	1.548	0.016	0.489	0.087
0.699	0.101	2.157	0.219	1.508	0.010	0.489	0.071
0.699	0.079	2.146	0.170	1.500	0.006	0.489	0.055
0.699	0.058	2.133	0.124	1.491	0.003	0.489	0.041
0.699	0.038	2.125	0.080	1.485	0.001	0.489	0.026
0.699	0.018	2.100	0.039	1.468	0.000	0.489	0.013

10 mm

1.000	1.380	2.454	3.387	2.454	1.905	1.000	1.380
1.000	1.079	2.416	2.607	2.416	1.165	1.000	1.079
1.000	0.903	2.395	2.163	2.395	0.816	1.000	0.903
1.000	0.778	2.339	1.820	2.339	0.606	1.000	0.778
1.000	0.681	2.271	1.547	2.271	0.464	1.000	0.681
1.000	0.602	2.265	1.364	2.265	0.362	1.000	0.602
1.000	0.535	2.251	1.205	2.251	0.286	1.000	0.535
1.000	0.477	2.235	1.066	2.235	0.228	1.000	0.477
1.000	0.426	2.224	0.947	2.224	0.181	1.000	0.426
1.000	0.380	2.214	0.842	2.214	0.145	1.000	0.380
1.000	0.339	2.213	0.750	2.213	0.115	1.000	0.339
1.000	0.301	2.210	0.665	2.210	0.091	1.000	0.301
1.000	0.266	2.198	0.585	2.198	0.071	1.000	0.266
1.000	0.234	2.194	0.514	2.194	0.055	1.000	0.234
1.000	0.204	2.182	0.445	2.182	0.042	1.000	0.204
1.000	0.176	2.165	0.381	2.165	0.031	1.000	0.176
1.000	0.150	2.165	0.324	2.165	0.022	1.000	0.150
1.000	0.125	2.161	0.270	2.161	0.016	1.000	0.125
1.000	0.101	2.103	0.213	2.103	0.010	1.000	0.101
1.000	0.079	2.092	0.166	2.092	0.006	1.000	0.079
1.000	0.058	2.075	0.121	2.075	0.003	1.000	0.058
1.000	0.038	2.071	0.078	2.071	0.001	1.000	0.038
1.000	0.018	2.046	0.038	2.046	0.000	1.000	0.018

20 mm

1.301	1.380	2.314	3.194	3.011	1.905	1.693	1.796
1.301	1.079	2.276	2.456	2.961	1.165	1.693	1.404
1.301	0.903	2.256	2.037	2.935	0.816	1.693	1.175
1.301	0.778	2.199	1.711	2.861	0.606	1.693	1.012
1.301	0.681	2.131	1.452	2.773	0.464	1.693	0.886
1.301	0.602	2.126	1.280	2.765	0.362	1.693	0.783
1.301	0.535	2.112	1.130	2.747	0.286	1.693	0.696
1.301	0.477	2.095	1.000	2.726	0.228	1.693	0.621
1.301	0.426	2.085	0.888	2.712	0.181	1.693	0.554
1.301	0.380	2.074	0.789	2.699	0.145	1.693	0.495
1.301	0.339	2.073	0.702	2.697	0.115	1.693	0.441
1.301	0.301	2.070	0.623	2.693	0.091	1.693	0.392
1.301	0.266	2.059	0.548	2.678	0.071	1.693	0.346
1.301	0.234	2.055	0.481	2.673	0.055	1.693	0.305
1.301	0.204	2.042	0.417	2.657	0.042	1.693	0.266
1.301	0.176	2.025	0.357	2.635	0.031	1.693	0.229
1.301	0.150	2.025	0.303	2.635	0.022	1.693	0.195
1.301	0.125	2.021	0.253	2.630	0.016	1.693	0.163
1.301	0.101	1.963	0.199	2.554	0.010	1.693	0.132
1.301	0.079	1.952	0.155	2.540	0.006	1.693	0.103

U.D.V.

TRABO CON
FALLA DE ORIGEN



PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL

1.301	0.058	1.939	0.112	2.523	0.003	1.693	0.075
1.301	0.038	1.931	0.073	2.512	0.001	1.693	0.049
1.301	0.018	1.906	0.035	2.480	0.000	1.693	0.024

45 mm

1.653	1.380	2.064	2.849	3.412	1.905	2.733	2.282
1.653	1.079	2.026	2.186	3.349	1.165	2.733	1.784
1.653	0.903	2.005	1.811	3.315	0.816	2.733	1.493
1.653	0.778	1.949	1.517	3.222	0.606	2.733	1.286
1.653	0.681	1.881	1.282	3.110	0.464	2.733	1.126
1.653	0.602	1.875	1.129	3.100	0.362	2.733	0.995
1.653	0.535	1.861	0.996	3.077	0.286	2.733	0.885
1.653	0.477	1.845	0.880	3.050	0.228	2.733	0.789
1.653	0.426	1.834	0.781	3.033	0.181	2.733	0.704
1.653	0.380	1.824	0.694	3.016	0.145	2.733	0.629
1.653	0.339	1.823	0.618	3.013	0.115	2.733	0.560
1.653	0.301	1.820	0.548	3.009	0.091	2.733	0.498
1.653	0.266	1.808	0.481	2.989	0.071	2.733	0.440
1.653	0.234	1.805	0.422	2.983	0.055	2.733	0.387
1.653	0.204	1.792	0.366	2.962	0.042	2.733	0.337
1.653	0.176	1.775	0.313	2.934	0.031	2.733	0.291
1.653	0.150	1.775	0.266	2.934	0.022	2.733	0.248
1.653	0.125	1.771	0.221	2.928	0.016	2.733	0.207
1.653	0.101	1.713	0.174	2.831	0.010	2.733	0.168
1.653	0.079	1.702	0.135	2.814	0.006	2.733	0.131
1.653	0.058	1.689	0.098	2.792	0.003	2.733	0.096
1.653	0.038	1.681	0.064	2.779	0.001	2.733	0.062
1.653	0.018	1.656	0.031	2.737	0.000	2.733	0.031

50 mm

1.903	1.380	1.867	2.577	3.553	1.905	3.622	2.627
1.903	1.079	1.829	1.974	3.481	1.165	3.622	2.054
1.903	0.903	1.809	1.633	3.442	0.816	3.622	1.719
1.903	0.778	1.752	1.364	3.335	0.606	3.622	1.481
1.903	0.681	1.684	1.148	3.206	0.464	3.622	1.296
1.903	0.602	1.679	1.011	3.154	0.362	3.622	1.146
1.903	0.535	1.665	0.891	3.158	0.286	3.622	1.018
1.903	0.477	1.648	0.786	3.136	0.228	3.622	0.908
1.903	0.426	1.638	0.698	3.117	0.181	3.622	0.811
1.903	0.380	1.627	0.619	3.097	0.145	3.622	0.724
1.903	0.339	1.626	0.551	3.094	0.115	3.622	0.645
1.903	0.301	1.623	0.489	3.089	0.091	3.622	0.573
1.903	0.266	1.612	0.429	3.067	0.071	3.622	0.507
1.903	0.234	1.608	0.376	3.060	0.055	3.622	0.445
1.903	0.204	1.595	0.326	3.036	0.042	3.622	0.388
1.903	0.176	1.578	0.278	3.003	0.031	3.622	0.335
1.903	0.150	1.578	0.236	3.003	0.022	3.622	0.285
1.903	0.125	1.574	0.197	2.996	0.016	3.622	0.238
1.903	0.101	1.516	0.154	2.885	0.010	3.622	0.193
1.903	0.079	1.505	0.119	2.865	0.006	3.622	0.151
1.903	0.058	1.492	0.087	2.839	0.003	3.622	0.110
1.903	0.038	1.484	0.056	2.825	0.001	3.622	0.072
1.903	0.018	1.459	0.027	2.777	0.000	3.622	0.035

120 mm

2.079	1.380	1.720	2.374	3.577	1.905	4.323	2.870
2.079	1.079	1.682	1.816	3.498	1.165	4.323	2.244
2.079	0.903	1.662	1.501	3.455	0.816	4.323	1.878
2.079	0.778	1.606	1.249	3.338	0.606	4.323	1.618
2.079	0.681	1.538	1.048	3.197	0.464	4.323	1.416
2.079	0.602	1.532	0.922	3.185	0.362	4.323	1.252
2.079	0.535	1.518	0.812	3.156	0.286	4.323	1.113
2.079	0.477	1.501	0.716	3.121	0.228	4.323	0.992
2.079	0.426	1.491	0.635	3.100	0.181	4.323	0.886
2.079	0.380	1.481	0.563	3.078	0.145	4.323	0.791

U.D.V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2.079	0.380	1.481	0.563	3.078	0.145	4.323	0.791
2.079	0.339	1.479	0.501	3.075	0.115	4.323	0.704
2.079	0.301	1.476	0.444	3.070	0.091	4.323	0.626
2.079	0.266	1.465	0.390	3.046	0.071	4.323	0.554
2.079	0.234	1.461	0.342	3.038	0.055	4.323	0.487
2.079	0.204	1.448	0.296	3.011	0.042	4.323	0.424
2.079	0.176	1.431	0.252	2.976	0.031	4.323	0.366
2.079	0.150	1.431	0.214	2.976	0.022	4.323	0.311
2.079	0.125	1.427	0.178	2.968	0.016	4.323	0.260
2.079	0.101	1.369	0.139	2.847	0.010	4.323	0.211
2.079	0.079	1.358	0.108	2.824	0.006	4.323	0.165
2.079	0.058	1.345	0.078	2.797	0.003	4.323	0.121
2.079	0.038	1.337	0.051	2.781	0.001	4.323	0.079
2.079	0.018	1.312	0.024	2.728	0.000	4.323	0.038

REGRES

198.605	55.994	198.605	55.994	198.605	55.994	198.605	55.994

Sustituyendo los resultados anteriores en la ecuación 4.6 que es el sistema de ecuaciones, resulta:

$$\begin{aligned}
 138 a_0 + 55.994 a_1 + 198.605 a_2 &= 264.357 \\
 55.994 a_0 + 39.725 a_1 + 80.585 a_2 &= 112.237 \\
 198.605 a_0 + 80.585 a_1 + 318.717 a_2 &= 361.002
 \end{aligned}$$

Resolviendo el sistema anterior se obtiene:

$$a_0 = 2.64811 ; a_1 = 0.29242 ; a_2 = -0.5914$$

Estos últimos valores los reordenamos de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}
 K &= 10^{2.64811} = 444.744 \\
 m &= 0.29242 \\
 n &= 0.5914
 \end{aligned}$$

Por lo que la ecuación 4.4 de las curvas i-d-Tr es:

$$i = \frac{444.44 Tr^{0.29242}}{d^{0.5914}}$$

(d en min., Tr en años, i en mm/h)

Para un Tr = 3 años tenemos que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$i = 613.239 d^{-0.5914} \quad (\text{Ec 4.13})$$



4.2.5.- Cálculo de los coeficientes de escurrimiento.

Para el cálculo de estos coeficientes, analizamos muy minuciosamente los parámetros en estudio, esto fue, determinado lo mas preciso que se pudo las superficies de las distintas zonas que se presentan en la tabla 4.2 que corresponde a los coeficientes de escurrimiento, todo esto lo podemos apreciar como a continuación se muestra:

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO

SUBCATEGORIA DE SUPERFICIES CON COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO EN 1

TIPO DE SUPERFICIE	SUPERFICIE (m ²)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	SUPERFICIE X COEF.
Zona habitacional	8.984	0.825	7.412
Casa habitación			
Unifamiliares	6.044	0.400	2.418
Multif. compacto	6.085	0.675	4.107
Casa habitación	38.161	0.600	22.897
Espaciado			
Espaciado	3.365	0.650	2.187
Campes de cultivo	1.024	0.275	0.282
Calle			
Concreto heo.	7.036	0.825	5.805
Adoquinadas	2.122	0.775	1.645
suma:	72.821		46.751

Coficiente = 46.7515 / 72.821

C1=0.642

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO

TIPO DE SUPERFICIE	SUPERFICIE (m ²)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	SUPERFICIE X COEF.
Zona habitacional			
Casa habitación	33.990	0.600	20.394
Campes de cultivo	1.741	0.275	0.479
Calle			
Concreto heo.	3.303	0.825	2.725
Adoquinadas	0.790	0.775	0.612
suma:	39.824		24.210

Coficiente = 24.21/39.824

C2=0.608

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO

TIPO DE SUPERFICIE	SUPERFICIE (m ²)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	SUPERFICIE X COEF.
Zona habitacional			
Unifamiliares	5.860	0.40	2.344
Multif. espaciados	4.841	0.50	2.421
Casa habitación	9.548	0.60	5.729
Calle			
Concreto heo.	4.714	0.825	3.889
Adoquinadas	0.474	0.775	0.367
suma:	25.437		14.750

Coficiente = 14.750/25.437

C3=0.580



COLECTOR PLUVIAL FOVISSSTE MIRADOR			
TIPO DE SUPERFICIE	SUPERFICIE (Ha.)	COEF. DE ESCURRIMIENTO	SUPERFIC. COEF.
Zona 4 (Sub-colector)			
Unifamiliares	5.394	0.400	2.157
Multif. espaciados	5.223	0.500	2.612
Casa habitación	3.867	0.600	2.320
Calle			
Concreto hco.	0.574	0.825	0.474
Adoquinadas	2.148	0.775	1.665
suma:	17.206		9.228

Coeficiente = $9.2277/17.206$

C4=0.536

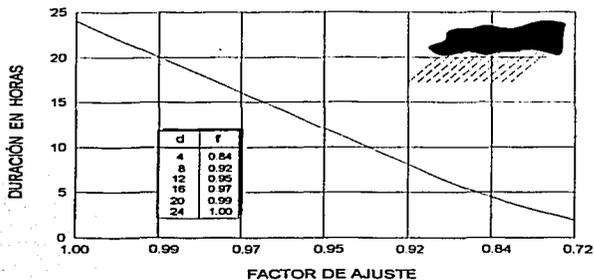
COLECTOR PLUVIAL VIVEROS			
TIPO DE SUPERFICIE	SUPERFICIE (Ha.)	COEF. DE ESCURRIMIENTO	SUPERFIC. COEF.
Zona 5 (Sub-colector)			
Multif. compacto	7.119	0.675	4.805
Casa habitación	5.459	0.600	3.275
Calle			
Concreto hco.	1.186	0.825	0.978
Adoquinadas	0.312	0.775	0.242
suma:	14.076		9.301

Coeficiente = $9.300975 / 14.076$

C5=0.661

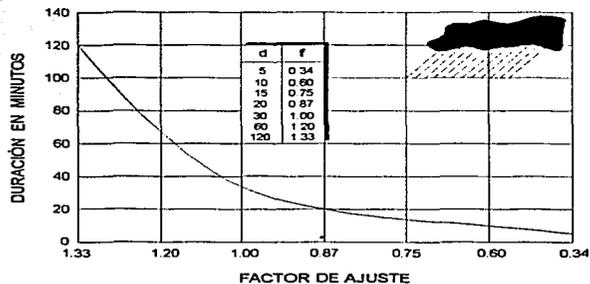
De lo anterior, los coeficientes de escurrimiento para las cinco zonas son:

Zona 1 (Sub-colector pluvial Los Ángeles
Y Colector pluvial el FSTSE) C1=0.642
Zona 2 (Colector pluvial San José Obrero) C2=0.608
Zona 3 (Colector pluvial Miraflores) C3=0.580
Zona 4 (Colector pluvial FOVISSSTE Mirador) C4=0.536
Zona 5 (Sub-colector pluvial Viveros) C5=0.661

**FACTOR DE AJUSTE POR DURACIÓN**
DURACIÓN EN HORAS

FUENTE MANUAL DE HIDRAULICA URBANA TOMO I

Figura 4.2.a

FACTOR DE AJUSTE POR DURACIÓN
DURACIÓN EN MINUTOS

FUENTE MANUAL DE HIDRAULICA URBANA TOMO I

Figura 4.2.b



CAPÍTULO 5

EJEMPLO DE DISEÑO PLUVIAL

Para el diseño del alcantarillado pluvial, se analizó con ayuda del equipo de cómputo y como ejemplo práctico se revisó la primera fila del colector pluvial los Ángeles, ya que para los demás colectores y subcolectores se maneja de forma similar. El orden en que se presenta el cálculo de las columnas fue el que se siguió para su elaboración.

Los datos faltantes y planos de detalle se encuentran al final del análisis siguiente:

5.1.- DISEÑO HIDRÁULICO.**Columna 1**

Primeramente identificamos el número del crucero, para nuestro caso:

Crucero No. 30

Columna 2

Aquí tenemos el tramo, es decir, la identificación entre cruceros:

30 - 29

Columna 3

Distancia que existe entre cada tramo de la red, correspondiente al 30 - 29:

$L = 49 \text{ m.}$

Columna 4

Corresponde al área propia, para nuestro cálculo tomando como referencia el centro de la calle y partiendo a cada lado una distancia de 25 m dando un total de 50m que lo multiplicamos por la longitud que existe en ese tramo:

$$A = L(50) = 49(50) = 2450 \text{ m}^2$$

Por lo que: $A = 0.2450 \text{ Has.}$

Columna 5

Con lo referente al área tributaria, es la que escurre de forma natural y descarga de acuerdo a la topografía del terreno en los colectores más bajos. Para nuestro caso de análisis vale cero.



A continuación describimos las áreas para todo el proyecto y al final del análisis ubicamos el plano correspondiente de dichas áreas (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Áreas tributarias.

DESCRIPCIÓN	CRUCERO	AREAS	DESCRIPCIÓN	CRUCERO	AREAS
A-1=	28	4.108 Has.	A-21=	99	2.981 Has.
A-2=	26	3.664 Has.	A-22=	97	6.953 Has.
A-3=	25	1.004 Has.	A-23=	95	9.991 Has.
A-4=	23	13.328 Has.	A-24=	91	5.186 Has.
A-5=	19	4.096 Has.	A-25=	87	5.201 Has.
A-6=	14	1.602 Has.	A-26=	80	2.067 Has.
A-7=	45	1.999 Has.	A-27=	59	3.598 Has.
A-8=	11	1.035 Has.	A-28=	80	5.891 Has.
A-9=	45	8.824 Has.	A-29=	82	1.141 Has.
A-10=	21	9.152 Has.	A-30=	63	1.108 Has.
A-11=	18	2.636 Has.	A-31=	57	2.624 Has.
A-12=	16	1.676 Has.	A-32=	55	2.329 Has.
A-13=	7	3.080 Has.	A-33=	1	0.786 Has.
A-14=	4	0.761 Has.	A-34=	1	1.227 Has.
A-15=	1	0.454 Has.	A-35=	3	0.592 Has.
A-16=	38	2.960 Has.	A-36=	41	0.645 Has.
A-17=	33	7.126 Has.	A-37=	98	1.763 Has.
A-18=	1	1.080 Has.	A-37=	74	1.322 Has.
A-19=	103	4.666 Has.	A-39=	72	0.308 Has.
A-20=	100	6.120 Has.			

Fuente: Elaboración propia.

Columna 6

En esta columna hacemos el acumulado de las columnas 4 y 5 (propia y acumulada):

$$a = 0 + 0.245 = 0.245 \text{ Has.}$$

Columna 7

Para el coeficiente de escurrimiento se calculó como se describió anteriormente, por lo que nos encontramos en la zona 1 y tomando en cuenta el área de aportación de dicha zona, por lo que tenemos:

$$C = 0.642$$

Columna 13

Para el cálculo de la pendiente tenemos que:

$$S = \frac{d}{L}$$

y como sabemos:

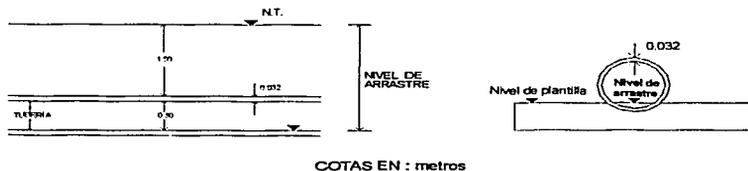
S = pendiente en milésimos.

L = distancia entre cruceros en m.

d = desnivel del terreno en m.

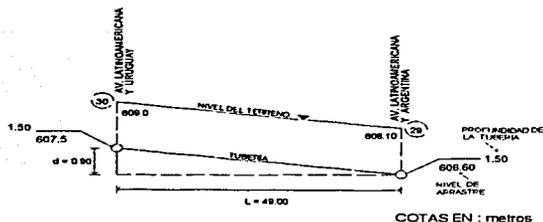
NOTA: El nivel de arrastre se considera a partir del nivel de terreno natural hasta el paño interior del tubo como se muestra en la figura 5.1.

Figura 5.1. Nivel de arrastre.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2. Datos generales.



Fuente: Elaboración propia.

- Como primer paso se propone una profundidad de la tubería a 1.50 m.
- Tenemos que la elevación del terreno natural en el cruceo 30 es de 609.0 m y en el cruceo 29 tenemos 608.1 m. Posteriormente se determina la diferencia de 1.50 m a cada cruceo, es decir:

$$\text{Cruceo 30} = 609.00 - 1.50 = 607.50 \text{ m.}$$

$$\text{Cruceo 29} = 608.10 - 1.50 = 606.60 \text{ m.}$$

- Con estos datos obtenemos la pendiente, además de que la longitud entre cada cruceo es de 49 m.



$$S = \frac{607.50 - 606.60}{49} = \frac{0.9}{49} = 0.01837$$

$$S = 0.01837, S = 18.37 \text{ (al millar)}$$

A nosotros nos interesan las pendientes enteras, es decir, que:

$$S = 18$$

Por lo que se modificará de la siguiente manera:

$$S = \frac{d}{L}, d = SL; \text{ sustituyendo } d = 0.018 (49), d = 0.882 \text{ m}$$

Tomando como referencia el crucero 30, aplicamos la suma del desnivel:

$$\text{Nivel crucero 30} = 0.882 + 606.6 = 607.48 \text{ m.}$$

- Para obtener la profundidad del dicho crucero será:

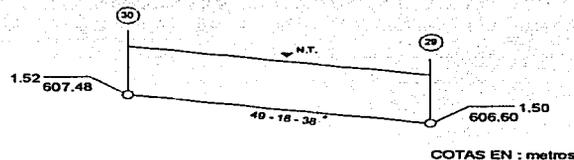
$$609.00 \text{ m} - 607.48 \text{ m} = 1.52 \text{ m.}$$

Por lo que obtenemos la siguiente nomenclatura (fig 5.3).

$$49 - 18 - 38$$

distancia-pendiente-diámetro

Figura 5.3. Detalle de cotas.



Fuente: Elaboración propia.

Columna 16

Para el cálculo de la velocidad a tubo lleno nos basamos en la fórmula de Manning, como se describe enseguida:



$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

donde:

R = Radio hidráulico, S = Pendiente, V = Velocidad,
n = Coeficiente de rugosidad.

Para obtener el valor del coeficiente de rugosidad, podemos basarnos en la tabla 3.3 en el capítulo 3, para nuestro caso tenemos $n = 0.013$ (para tubería de concreto).

Ahora, el cálculo del radio hidráulico "R" se obtiene de:

$$R = \frac{A}{P}$$

En donde:

A = Área, P = Perímetro, R = Radio hidráulico.

Como trabajamos con una sección circular tenemos:

$$R = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} ; R = \frac{d}{4} = \frac{0.38}{4} = 0.095 \text{ m.}, R^{2/3} = 0.2082$$

Y como se cálculo en la columna 13 la pendiente es:

$$S = 0.018, S^{1/2} = 0.134$$

Por lo que la velocidad será la siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} = \frac{(0.2082)(0.134)}{0.013}, V = 2.15 \text{ m/s}$$

Columna 9

Con lo que respecta al tiempo de traslado se obtuvo con la fórmula:

$$t_c = \frac{L}{60v} = \frac{49}{60(2.15)} = 0.38 \text{ min.}$$

En la cual "L" se obtuvo de la columna 3 y "v" de la columna 16.

Columna 10



El tiempo de concentración inicial que se maneja fue el mencionado en el capítulo 4 (de la ec. 4.8), el cual nos da un intervalo de 15 a 30 minutos, si aplicamos la fórmula:

$$T_{c \text{ min}} = 0.1637 (A) + 8.68$$

Donde el área de drenaje total de la cuenca de aportación es de:

A = 169.364 Has, por lo que:

$$T_{c \text{ min}} = 0.1637 (169.364.) + 8.68 ; T_{c \text{ min}} = 36.405 \text{ min.}$$

Nota : En la primera fila de cada hoja de cálculo de los colectores, iniciamos con un tiempo de concentración de 30 minutos, en las siguientes filas sumamos progresivamente los tiempos de las columnas 8 y 9, lo cual nos da un tiempo acumulado total de diseño que se empleará en la ecuación de la intensidad de lluvia mas adelante.

Columna 8

En esta columna ubicamos el tiempo acumulado parcial, es decir:

$$30 + 0.38 = 30.38 \text{ minutos.}$$

Columna 11

Para obtener el valor de la intensidad, nos basamos en la col. 10 que el tiempo de concentración acumulado total y se sustituye como se indica:

$$i = 613.239 d^{-0.5914} = i = 613.239 (30.38)^{-0.5914} = 81.438 \text{ mm / hr.}$$

Columna 12

Con respecto al gasto pluvial, lo calculamos utilizamos la fórmula racional, donde intervienen las variables de intensidad (col.11), coeficiente de escurrimiento (col. 7) y área acumulada (col. 6):

$$Q_p = 0.0278 C_i A = 0.0278 (0.642)(81.438)(0.245)$$

$$Q_p = 0.03561 \text{ m}^3 / \text{s} = 35.61 \text{ lts / s.}$$

Columna 14

Proponemos un diámetro tentativo en base a los datos obtenidos en los perfiles topográficos de cada colector pluvial. Posteriormente se revisan para ver si es aceptado este diámetro y si no fuera así se cambiaría por otro mayor; todo esto dependerá de la relación que guarden el gasto a tubo lleno y el gasto pluvial (columnas 15 y 12 respectivamente), la cual debe andar en un 85% como máximo.



$$D = 38 \text{ cm (15")}$$

Columna 15

Para obtener el gasto a tubo lleno se utilizó la fórmula de continuidad:

$$Q = V A$$

En la cual:

V = Velocidad a tubo lleno (columna 16), A = Área, Q = Gasto.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.38)^2}{4} = 0.1134 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.208 (0.1134) = 0.2437 \text{ m}^3 / \text{s} \quad , \quad Q = 243.70 \text{ lps}$$

Columna 17

La relación de gasto que se presenta aquí, es la del gasto pluvial (col. 12) y el gasto a tubo lleno (col. 15), la cual no debe exceder de 0.85 que es el 85 %:

$$\frac{QP}{Ql} = \frac{35.61 \text{ lt/s}}{243.69 \text{ lt/s}} = 0.146 = 0.15$$

**Columna 18**

Nos podemos auxiliar con el nomograma de Manning (fig. 5.2) para la obtención de ésta columna, ya que nos muestra la relación de velocidades:

$$V_{\text{real}} = 0.72 \text{ m/s}$$

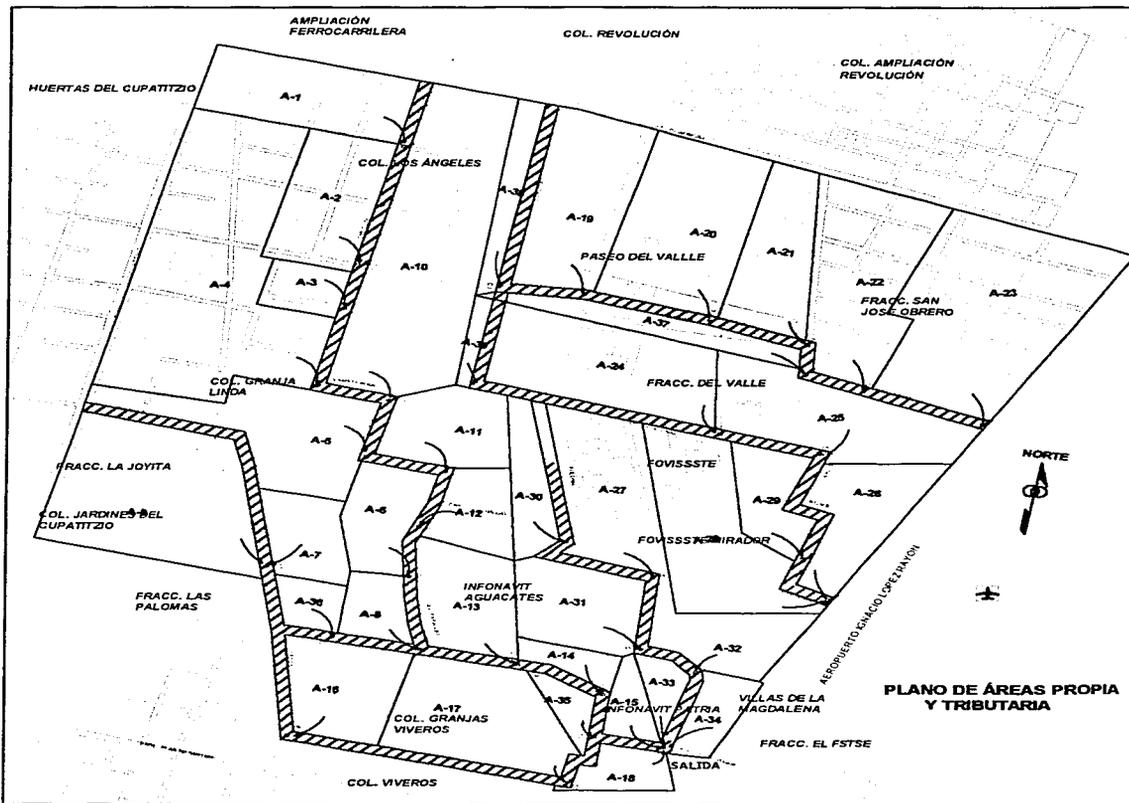
Columna 19

Aquí finaliza el cálculo con la obtención de la velocidad real, multiplicando la col. 18 y col. 16.

$$V_{\text{real}} = 0.72 (2.15) = 1.55 \text{ m/s.}$$



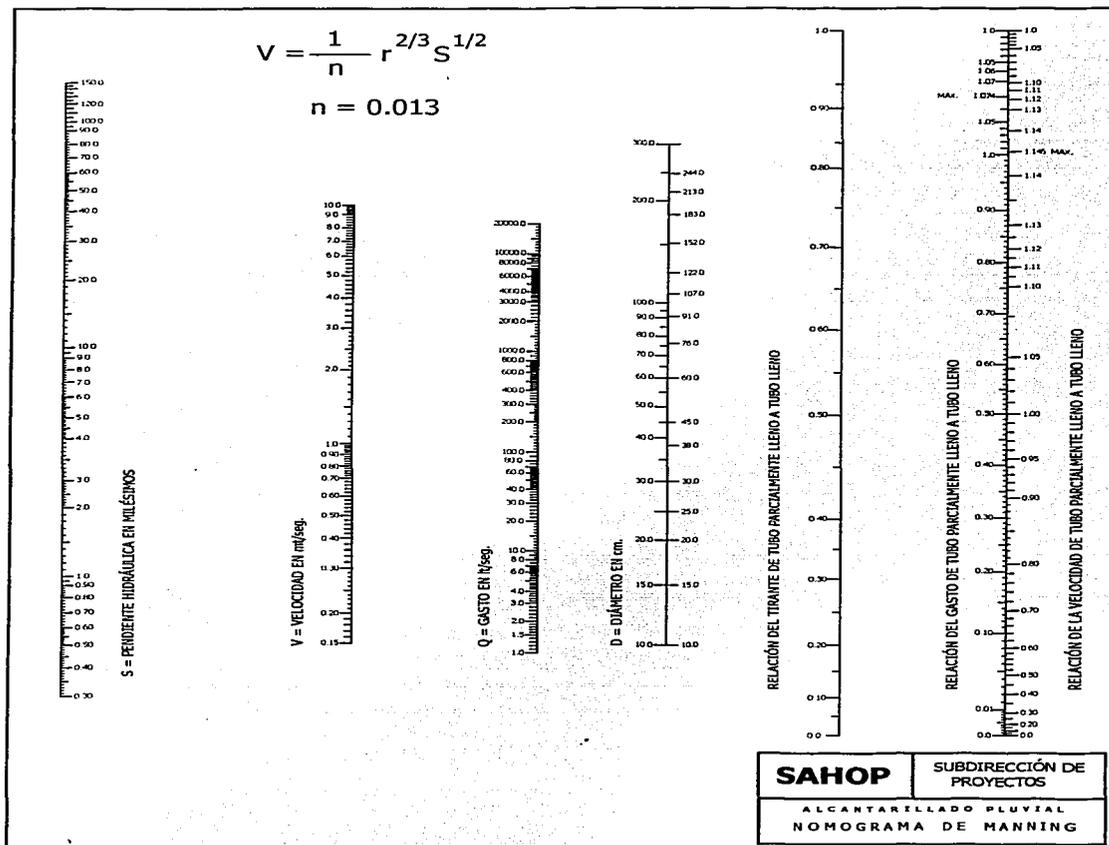
Figura 5.1. Plano de áreas tributarias y propias.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.2. Nomograma de Manning.



Fuente: CAPASU.

SUBCOLECTOR PLUVIAL LOS ANGELES																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CRUCEO	TRAMO	LONGITUD	PROMA	AREAS SERVIDAS (Pm ²) TRIBUTARIA	ACUMULADA	COEF. ESCURR.	AGRESO	TIEMPO (MINUTOS) TRABAJADO	COMENY.	INTENSIDAD mm/hr	CARGO PLUVIAL (LTS/S)	PENDIENTE (mte)	DIAMETRO (cm)	TUBO LLEN ^o CARGO LPS	VELOC. (m/s)	Qp/qd	VR/V	V med (m/s)
30				0					30									
29	30-29	49	0.245		0.245	0.842	30	0.380		81.438	35.810	18	38	243.887	2.149	0.148	0.7200	1.547
28	29-28	83	0.425		0.670	0.842	30.380	0.538		80.596	66.378	27	38	248.454	2.832	0.323	0.8800	2.342
27	28-27	132	0.86	4.168	5.438	0.842	30.918	0.865	30.918	79.291	79.978	10	76	1153.301	2.542	0.887	1.0100	2.730
26	27-26	140	0.7		6.138	0.842	31.784	0.618	31.784	77.968	854.137	10	76	1153.301	2.542	0.741	1.0800	2.764
25	26-25	83	0.485	3.884	10.267	0.842	32.702	0.421	32.702	77.380	1477.941	21	78	1671.202	3.884	0.848	1.1200	4.128
24	25-24	110	0.56	1.064	11.821	0.842	33.122	0.477	33.122	76.728	1618.825	18	91	2501.419	3.848	0.947	1.0600	4.111
23	24-23	80	0.3		12.121	0.842	33.569	0.280	33.569	76.330	1652.338	18	91	2501.419	3.848	0.661	1.0800	4.161
22	23-22	57	0.285	13.328	25.734	0.842	33.859	2.283	33.859	76.031	3462.093	8	152	8549.896	3.610	0.533	1.0110	3.848
21	22-21	58	0.28		28.014	0.842	34.122	0.259	34.122	75.693	3574.383	8	152	8549.896	3.610	0.537	1.0100	3.867
20	21-20	71	0.38	6.152	35.576	0.842	34.381	0.332	34.381	75.283	4772.084	8	152	8549.896	3.610	0.759	1.1075	3.898
19	20-19	54	0.27		35.798	0.842	34.713	0.287	34.713	74.823	4788.629	7	152	8128.827	3.378	0.781	1.0870	3.886
18	19-18	100	0.5	4.098	40.392	0.842	34.880	0.277	34.880	74.202	3549.159	4	183	7597.536	2.889	0.704	1.0810	3.085
17	18-17	84	0.32	2.838	43.347	0.842	35.257	0.369	35.257	73.750	5705.393	4	183	7597.536	2.889	0.751	1.0800	3.175
16	17-16	69	0.345		43.892	0.842	35.628	0.348	35.628	73.271	6713.643	4	183	7597.536	2.889	0.752	1.0800	3.175
15	16-15	45	0.225	1.878	45.593	0.842	38.324	0.280	38.324	72.983	5937.150	4	183	7597.536	2.889	0.781	1.1075	3.169
14	15-14	86	0.4		45.993	0.842	38.584	0.482	38.584	72.424	5844.691	4	183	7597.536	2.889	0.782	1.1075	3.169
13	14-13	48.3	0.2315	1.802	47.825	0.842	37.045	0.287	37.045	72.117	8155.772	4	183	7597.536	2.889	0.810	1.1150	3.221
12	13-12	86	0.33		48.155	0.842	37.313	0.381	37.313	71.835	8181.136	4	183	7597.536	2.889	0.811	1.1150	3.221
11	12-11	86	0.33		48.486	0.842	37.693	0.381	37.693	71.250	8108.588	4	183	7597.536	2.889	0.812	1.115	3.221
11-1					48.486				38.074									

FALLA DE ORIGEN

COLECTOR PLUVIAL EL P375E																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
CRUCERO	TRAMO	LONGITUD	PROPIA	ÁREAS SERVIDAS (Km ²)		CÓEF. ESCALA	PROCESO	TIEMPO (MINUTOS)		CONCENT.	INTENSIDAD mm/hr	CAUDAL PLUVIAL (L.T/8)	PENSIÓNTE (ml/s)	DIÁMETRO (cms)	CAUDAL LPS	VELOC. (m/s)	Op / OM	VR / V	V med (m/s)
52				0					30										
	52-51	100	0.5	0.500	0.842	30	1.600				79.120	70.825	3	38	69.485	0.877	0.710	1.082	0.949133
	51			0					31.900										
	51-50	68	0.34	0.840	0.842	31.900	1.154				77.474	118.150	3	46	158.759	0.982	0.744	1.092	0.72108
	50			0					33.054										
	50-49	40	0.2	1.040	0.842	33.054	0.251				77.120	143.183	22	45	422.881	2.859	0.330	0.905	2.42817
	49			0					33.305										
	49-48	75	0.375	1.415	0.842	33.305	0.900				75.922	161.736	4	81	405.835	1.389	0.472	0.98	1.300360
	48			0					34.205										
	48-47	75	0.375	1.790	0.842	34.205	0.900				74.765	238.852	4	81	405.835	1.389	0.589	1.04	1.44423
	47			0					35.105										
	47-46	70	0.35	2.140	0.842	35.105	0.840				73.728	281.569	4	81	405.835	1.389	0.694	1.078	1.48803
	46			0					35.945										
	46-45	70	0.35	2.480	0.842	35.945	0.860				73.055	324.881	9	81	808.759	2.083	0.533	1.011	2.105922
	45			10.823					38.505										
	45-44	135	0.675	13.988	0.842	38.505	0.910				72.000	1787.512	8	107	2224.303	2.474	0.608	1.115	2.738187
	44			0					37.415										
	44-43	13	0.065	14.053	0.842	37.415	0.688				71.300	1803.370	8	107	2224.303	2.474	0.811	1.115	2.759182
	43			0					37.505										
	43-42	49	0.245	14.298	0.842	37.505	0.233				71.637	1828.008	12	107	3145.724	3.408	0.581	1.037	3.822768
	42			0					37.738										
	42-41	49	0.245	14.543	0.842	37.738	0.233				71.378	1852.843	12	107	3145.724	3.408	0.589	1.04	3.858283
	41			0.845					37.970										
	41-11	125	0.625	15.913	0.842	37.970	0.568				70.722	1995.984	12	107	3145.724	3.408	0.835	1.057	3.907755
	11			49.521					38.295										
	11-10	23	0.115	85.448	0.842	38.295	0.094				70.820	8249.258	8	183	10744.539	4.085	0.788	1.105	4.913087
	10			0					38.859										
	10-9	49	0.245	85.694	0.842	38.859	0.200				70.405	8254.916	8	183	10744.539	4.085	0.788	1.108	4.918048
	9			0					38.859										
	9-8	48	0.23	85.924	0.842	38.859	0.188				70.205	8260.247	8	183	10744.539	4.085	0.789	1.108	4.918048
	8			0					39.048										
	8-7	25	0.125	86.049	0.842	39.048	0.102				70.087	8263.151	8	183	10744.539	4.085	0.789	1.108	4.918048
	7			3.080					39.148										
	7-6	18	0.08	89.209	0.842	39.148	0.205				70.028	8849.898	8	183	10744.539	4.085	0.825	1.115	4.954913
	6			0					39.214										
	6-5	83	0.415	89.214	0.842	39.214	0.339				69.873	8857.828	8	183	10744.539	4.085	0.808	1.115	4.958913
	5			0					39.522										
	5-4	51	0.255	89.879	0.842	39.522	0.208				69.457	8882.413	8	183	10744.539	4.085	0.808	1.115	4.958913
	4			0.781					39.780										
	4-3	108	0.54	71.180	0.842	39.780	0.441				69.005	8788.384	8	183	10744.539	4.085	0.818	1.118	4.967088
	3			14.888					40.201										
	3-2	59	0.28	88.127	0.842	40.201	0.238				68.785	16970.286	6	213	13948.568	3.915	0.758	1.105	4.325548
	2			0					40.440										
	2-1	48	0.225	88.352	0.842	40.440	0.192				68.573	16984.258	6	213	13948.568	3.915	0.758	1.105	4.325548
	1			17.781					40.831										
				0		104.133													

 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



COLECTOR PLUVIAL SAN JOSE OBANDO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CRUCERO	TRAMO	LONGITUD	PROPIA	ÁREAS SERVIDAS (Ha)		CDEF.	TIEMPO	TIEMPO	CONCENT.	INTENSIDAD	CAÍDA	PENDIENTE	DIÁMETRO	TUBO LLEVO		Co / Co	VR / V	V real
				TRIBUTARIA	ACUMULADA	ENCLAV.	INGRESO	TRÁNSITO		mm/hr	PLUVIAL (LTS/S)	(m%)	(cm)	GASTO LPS	VELOC. (m/s)			(m/s)
76			0	0	0.525	0.008	30	0.772852118	30	60.822	71.719	20	38	258.828	2.285	0.278	0.88	1.848
76	76-78	105	0.525	0	0.525	0.008	30	0.772852118	30.773	79.540	127.718	11	38	180.426	1.880	0.878	1.07	1.787
77	78-77	85	0.425	0	0.850	0.008	30.773	0.843	31.816	78.857	173.468	12	48	312.318	1.984	0.358	1.028	2.019
77	77-78	71	0.355	0	1.305	0.008	31.816	0.803	32.210	78.498	183.894	13	45	325.071	2.044	0.585	1.03	2.108
78	78-75	18	0.08	0	1.385	0.008	32.216	0.130	32.349	78.508	287.443	14	45	337.342	2.121	0.793	1.11	2.354
75	75-74	134	0.87	1.3215	2.695	0.008	32.349	1.263	33.402	78.225	474.877	8	81	573.937	1.984	0.828	1.118	2.188
74	74-104	81.34	0.3087	0	3.083	0.008	33.402	0.521	33.923	75.877	598.500	7	78	684.821	2.127	0.528	1.011	2.150
104	104-103	60	0.3	4.884	3.683	0.008	33.923	0.470	34.393	75.077	1140.138	7	21	1558.909	2.358	0.731	1.09	2.814
103	103-102	87	0.335	0	8.695	0.008	34.393	0.468	34.858	74.381	1180.768	7	91	1559.809	2.358	0.757	1.105	2.850
102	102-101	82	0.41	0	9.395	0.008	34.858	0.570	35.428	73.835	1222.340	7	91	1559.809	2.358	0.784	1.1075	2.858
101	101-100	85.3	0.4285	0	9.821	0.008	35.428	0.593	38.021	72.781	2031.758	7	107	2402.588	2.872	0.848	1.12	2.893
100	100-99	115	0.575	0.120	18.518	0.008	38.021	0.717	38.738	71.258	2423.814	7	122	3428.907	2.918	0.771	1.082	3.158
99	99-98	84	0.32	2.881	19.817	0.008	38.738	0.588	37.104	71.854	2885.107	7	122	3428.907	2.918	0.782	1.1075	3.230
98	98-97	70	0.35	1.783	21.930	0.008	37.104	0.400	37.504	71.471	3543.288	14	122	4820.822	4.124	0.758	1.085	4.518
97	97-96	84	0.47	8.953	28.353	0.008	37.504	0.380	37.884	71.042	3587.354	14	122	4820.822	4.124	0.743	1.085	4.518
96	96-95	98	0.48	0	29.833	0.008	37.884	0.368	38.27165129									
95			0.867		39.824													

FALTA DE ORIGEN



COLECTOR PLUVIAL UNIPOLIZONES																					
1	2	3	4	5		6	7	8	9		10	11	12	13	14	15		16	17	18	19
CRUCERO	TRAMO	LONGITUD	PROPIA	AREAS SERVIDAS (Ha)	TRIBUTARIA	ACUMULADA	COEF. ESCURR.	INGRESO	TIEMPO (MINUTOS)	TRASCURSO	CONCENT.	INTENSIDAD (mm/hr)	GASTO PLUVIAL (LT/seg)	PENDIENTE (‰)	DIAMETRO (cm)	TUBO LLENO		Qp / Qd	VR / V	Vmed (m/s)	
																GASTO LPS	VELOC. (m/s)				
74	74-73	94	0.47	0	0.470	0.58	30	0.858			30	80.860	81.149	13	38	207.694	1.858	0.298	1.052	1.921	
73	73-72	100	0.5	0	0.970	0.58	30.458	0.850			30.858	79.300	124.121	14	38	214.912	1.885	0.378	0.978	1.853	
72	72-71	107	0.535	0.308	1.813	0.58	31.737	1.049			31.737	77.846	227.811	8	81	497.044	1.701	0.458	0.980	1.667	
71	71-64	84	0.32	0	2.133	0.58	32.788	0.827			32.788	78.981	284.798	8	81	497.044	1.701	0.533	1.011	1.719	
64	64-63	72	0.38	0	2.493	0.58	33.413	0.708			33.413	78.038	305.879	8	81	497.044	1.701	0.615	1.050	1.788	
63	63-62	83	0.315	0	2.808	0.58	34.119	0.390			34.119	75.528	341.868	15	81	785.828	2.889	0.435	0.985	2.595	
62	62-61	53	0.285	0	3.073	0.58	34.509	0.328			34.509	75.104	372.168	15	81	785.828	2.889	0.474	0.980	2.835	
61	61-60	78.5	0.3875	5.168	8.667	0.58	34.838	0.428			34.838	74.588	1040.851	15	78	1412.500	3.114	0.737	1.085	3.400	
60	60-59	20	0.1	0	8.757	0.58	35.283	0.184			35.283	74.382	1049.981	5	91	1518.384	2.027	0.798	1.113	2.258	
59	59-58	23	0.145	0	8.902	0.58	35.438	0.230			35.438	74.068	1083.128	4	107	1818.184	2.020	0.985	1.040	2.151	
58	58-57	49	0.245	0	9.147	0.58	35.687	0.494			35.687	73.574	1088.127	4	107	1818.184	2.020	0.997	1.045	2.111	
57	57-56	84	0.32	5.201	14.868	0.58	38.071	0.484			38.071	72.994	1728.388	4	122	2578.891	2.204	0.870	1.070	2.359	
56	56-55	48	0.23	0	14.898	0.58	38.585	0.348			38.585	72.589	1743.847	4	122	2578.891	2.204	0.877	1.074	2.388	
55	55-54	53	0.285	0	15.183	0.58	38.903	0.401			38.903	72.127	1783.598	4	122	2578.891	2.204	0.884	1.074	2.368	
54	54-53	54	0.27	0	15.433	0.58	37.304	0.408			37.304	71.894	1783.248	4	122	2578.891	2.204	0.892	1.113	2.453	
53	53-52	48	0.24	0	15.873	0.58	37.712	0.383			37.712	71.259	1800.752	4	122	2578.891	2.204	0.898	1.081	2.383	
52	52-51	70	0.35	1.141	17.164	0.58	38.075	0.529			38.075	70.880	1958.030	4	122	2578.891	2.204	0.759	1.105	2.438	
51	51-50	63	0.315	0	17.478	0.58	38.824	0.478			38.824	70.189	1977.535	4	122	2578.891	2.204	0.787	1.188	2.838	
50				7.958							39.080										
					25.437																

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



COLECTOR PLUVIAL KHASSEITE INMADON																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
CRUCERO	TRAMO	LONGITUD	PROMA	AREA SERVIDA (Km ²)	ACUMULADA	COEF. ESCUR.	INGRESO	TIEMPO (MINUTOS)	CONCENT.	INTENSIDAD (mm/hr)	CARGO PLUVIAL (LTR/S)	PENDIENTE (‰)	DIAMETRO (cm)	TIEMPO LLEGA (MIN)	VELOC. (m/s)	Qp (L/s)	VN/V	Vmed (m/s)
71			0					30										
71-70	35	0.175	0	0.175	0.538	30	0.332			81.515	21.258	12	38	148.0884101	1.7544043	0.108028	0.858	1.154388
70	52	0.26	0	0.435	0.538	30.332	0.442			80.816	52.388	15	38	222.4547888	1.9614838	0.23549	0.825	1.618224
69	52	0.26	0	0.865	0.538	30.774	0.669			79.755	82.593	8	38	140.8927808	1.2428512	0.587048	1.04	1.280173
68	33	0.185	0	0.88	0.538	31.473	0.343			79.243	101.548	10	38	181.8338728	1.8015447	0.55903	1.028	1.648388
87	42	0.21	0	1.07	0.538	31.818	0.399			78.661	125.418	12	38	198.988101	1.7544043	0.80033	1.057	1.854495
66	36	0.18	0	1.25	0.538	32.215	0.368			78.223	145.648	15	38	222.4547888	1.9614838	0.854258	1.037	2.034058
65	38	0.19	0	1.44	0.538	32.521	0.353			77.725	168.775	10	45	265.1061408	1.7228341	0.584958	1.078	1.892108
64	38	0.19	0	1.83	0.538	32.875	0.271			77.348	187.868	17	45	371.7328278	2.337509	0.365378	1.002	2.341984
63	40	0.2	1.108	2.9378	0.538	33.148	0.479			76.895	335.737	3	78	831.8881368	1.3924718	0.531491	1.011	1.407789
62	45	0.225	0	3.1628	0.538	33.824	0.539			75.878	358.069	3	78	831.8881368	1.3924718	0.588044	1.03	1.434248
61	48	0.24	0	3.4028	0.538	34.183	0.575			75.232	381.459	3	78	831.8881368	1.3924718	0.803872	1.045	1.485133
60	47	0.235	0	3.6378	0.538	34.737	0.583			74.521	403.847	3	78	831.8881368	1.3924718	0.838471	1.08	1.47802
59	77	0.385	3.598	7.8504	0.538	35.300	0.328			74.117	841.588	24	78	1768.888888	3.9385044	0.170377	0.98	3.858734
58	83	0.316	0	7.9354	0.538	35.828	0.287			73.791	872.539	24	78	1768.888888	3.9385044	0.488335	0.995	3.918812
57	52	0.28	2.824	10.8183	0.538	35.882	0.220			73.524	1185.332	24	78	1768.888888	3.9385044	0.683125	1.082	4.281481
56	44	0.22	0	11.0393	0.538	36.112	0.189			73.286	1205.510	21	78	1871.292382	3.8841335	0.721304	1.088	4.012021
55	14	0.07	2.329	13.4388	0.538	36.312	0.084			73.208	1485.811	18	91	2358.388754	3.8268818	0.82181	1.047	3.832788
54	128	0.83	0	14.0888	0.538	36.378	0.978			72.828	1520.437	18	91	2358.388754	3.8268818	0.844781	1.08	3.843688
53	33	0.185	0	14.2338	0.538	36.955	0.152			72.353	1534.547	18	91	2358.388754	3.8268818	0.850544	1.08	3.843688
1			2.872	17.208						37.167								

ESTE CON FALLA DE ORIGEN

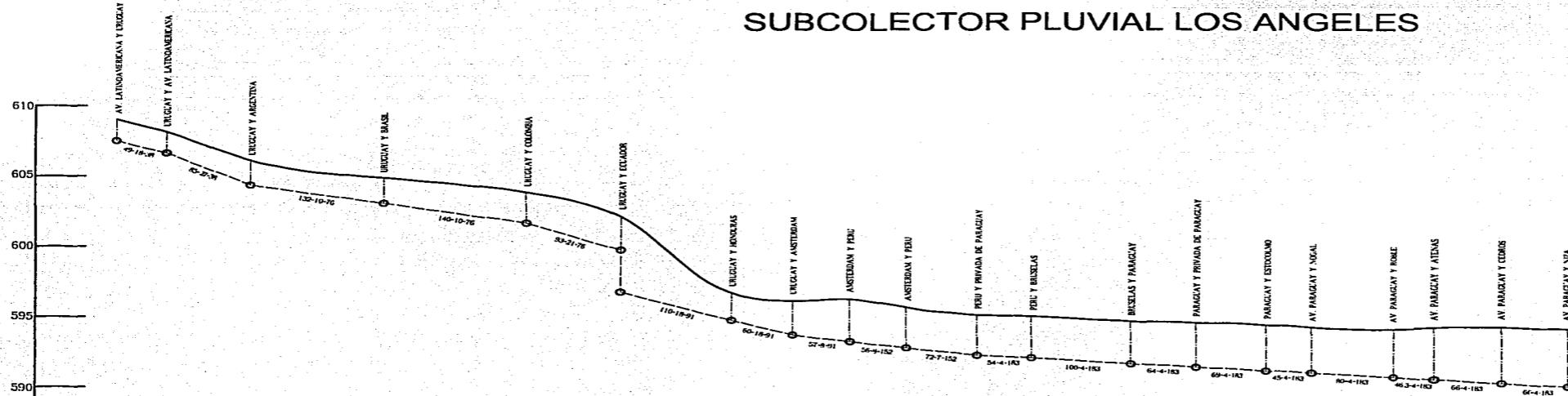


SUBCOLECTOR PLUVIAL VERDES																			
1	2	3	4	5		7	8			11	12	13	14	15		17	18	19	
				AREAS SERVIDAS (Ha)	TRIBUTARIA		ACUMULADA	COEF. ESCURR.	INGRESO					TRABAJADO	CONCENT.				INTENSIDAD (mm/hr)
CRUCEO	TRAMO	LONGITUD	PROPIA	AREAS SERVIDAS (Ha)	TRIBUTARIA	ACUMULADA	COEF. ESCURR.	INGRESO	TRABAJADO	CONCENT.	INTENSIDAD (mm/hr)	GASTO PLUVIAL (LITROS)	PENDIENTE (‰)	DIAMETRO (cm)	GASTO UPS	VELOC. (m/s)	Qp/Oil	VR/V	Vreal (m/s)
44				0						30									
	44-40	150	0.85		0.85	0.681	30.000	1748535532			78.3482767	84.7733352	8	58	140.8927608	1.2428512	0.813619	1.07	1.32738
40				0						31.74883553									
	40-38	50	0.25		0.9	0.681	31.747	0.27812882			78.83861183	130.348421	35	38	338.8082958	2.988157	0.384188	0.93	2.788481
38				0						32.02468415									
	38-38	52	0.28		1.18	0.681	32.025	0.87144068			78.0420424	166.353858	6	45	220.8422871	1.3885884	0.75327	1.099	1.528037
38				2.980						32.84880878									
	38-37	78	0.384		4.5154	0.681	32.849	0.868812514			77.1119011	359.829768	8	78	883.3433444	1.6892552	0.718216	1.88	3.721887
37				0						33.31742087									
	37-38	82	0.31		4.8254	0.681	33.317	0.408491159			78.5825873	878.870758	10	78	1153.301293	2.5422937	0.588833	1.04	2.843895
38				0						33.72587778									
	38-35	115	0.575		5.4004	0.681	33.724	0.842888685			75.4812887	748.753872	8	78	1031.548041	2.2738989	0.725857	1.08	2.478547
35				0						34.58877745									
	35-54	110	0.95		5.9504	0.681	34.587	0.721133521			74.83586985	614.369735	10	78	1153.301293	2.5422937	0.708685	1.085	2.758385
54										35.28781163									
	54-33	81	0.515		8.2854	0.681	35.288	0.413017386			74.02444107	362.298251	10	78	1153.301293	2.5422937	0.738871	1.085	2.783812
33				7.128						35.7089238									
	33-32	52	0.28		13.851	0.681	35.701	0.453878123			73.47332452	1843.68398	3	122	2231.853225	1.8900484	0.825878	1.119	2.138228
32				0						36.15492002									
	32-31	23	0.115		13.788	0.681	36.155	0.200788018			73.23306837	1852.51274	3	122	2231.853225	1.8900484	0.830108	1.119	2.138228
31				0						36.35570004									
	31-3	82	0.31		14.078	0.681	36.358	0.541281859			72.58878134	1877.74822	3	122	2231.853225	1.8900484	0.844718	1.122	2.147893
3				0						36.89868185									
					14.078														

TESTE CON FALLA DE ORIGEN



SUBCOLECTOR PLUVIAL LOS ANGELES



Crucero	0+000	0+049	0+124	0+266	0+406	0+488	0+609	0+669	0+726	0+792	0+854	0+908	1+008	1+072	1+141	1+186	1+266	1+305.30	1+372.30	1+435.30
Profundidad	1.52	1.50	1.75	1.81	2.19	2.37	1.95	2.45	3.02	2.90	2.85	2.97	3.04	3.16	3.26	3.26	3.42	3.72	4.02	4.12
Nivel de arrastre de tubería	607.48	606.50	604.31	602.99	601.59	599.64	594.66	593.39	593.13	592.68	592.18	591.96	591.56	591.30	591.03	590.85	590.53	590.35	590.05	589.82
Nivel de terreno natural	609.00	608.10	606.06	604.80	603.78	602.01	596.61	596.01	596.15	595.58	595.06	594.93	594.60	594.48	594.32	594.11	593.95	594.07	594.10	593.94
Cadenamiento	0+000	0+049	0+124	0+266	0+406	0+488	0+609	0+669	0+726	0+792	0+854	0+908	1+008	1+072	1+141	1+186	1+266	1+305.30	1+372.30	1+435.30

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

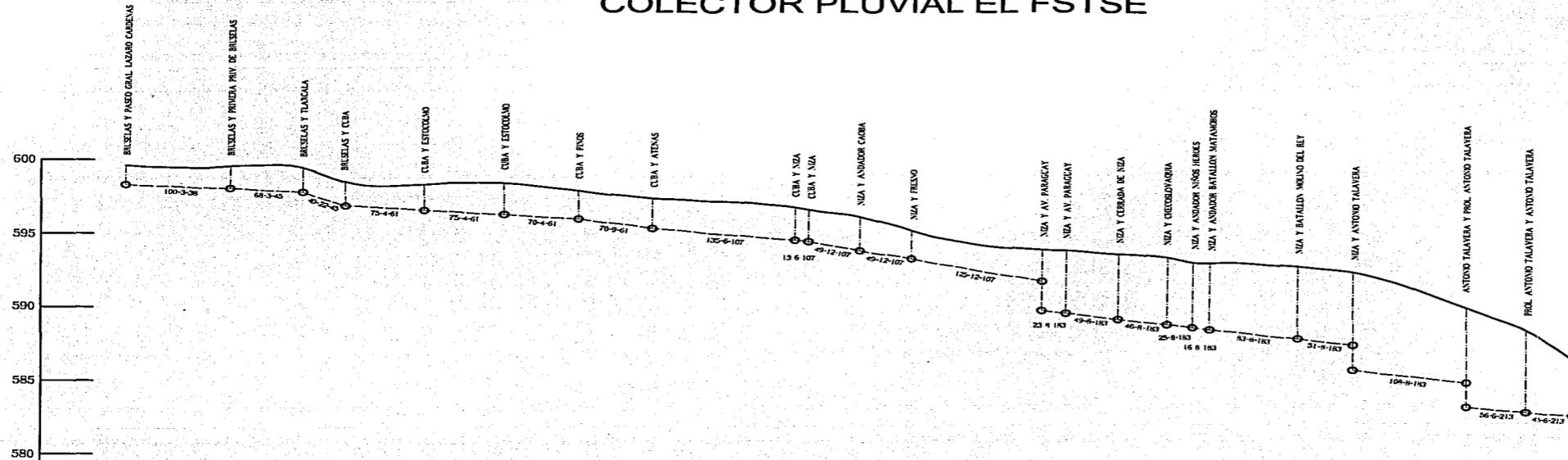
ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA CENTRO ENTRE AV. LATINOAMERICANA, NIZA, PASO LAZARO CARDONA Y AEROPUERTO. (PERFIL.)

PROYECTO DE TESIS: Arellano Naranjo José Luis / Sánchez Arriaga José Alberto PLANO 1

URUAPAN MICH. FECHA: ABRIL - 2002 ESCALA: HOR: 1:5000 / VOR: 1:250



COLECTOR PLUVIAL EL FSTSE



Crucero	0+00	0+100	0+180	0+208	0+283	0+358	0+428	0+498	0+633	0+666	0+682	0+941	0+987	1+012	1+028	1+111	1+182	1+270	1+270	1+326	1+371
Profundidad	1.30	1.51	1.66	1.60	1.76	2.15	1.97	2.04	2.23	2.31	2.30	1.44	4.57	4.42	4.55	4.93	4.89	5.12	5.22	5.50	3.83
Nivel de arrastre de tubería	592.28	597.98	597.78	596.87	596.57	596.27	595.99	595.36	594.55	594.47	593.85	593.21	588.85	588.65	588.52	587.66	587.45	586.68	586.22	582.88	582.61
Nivel de terreno natural	598.58	599.49	599.44	599.47	598.33	598.42	597.91	597.40	596.78	596.78	596.15	595.20	593.94	593.79	593.07	592.79	592.43	590.00	590.00	589.47	586.44
Cadenamiento	0+000	0+100	0+180	0+208	0+283	0+358	0+428	0+498	0+633	0+666	0+682	0+941	0+987	1+012	1+028	1+111	1+182	1+270	1+270	1+326	1+371

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

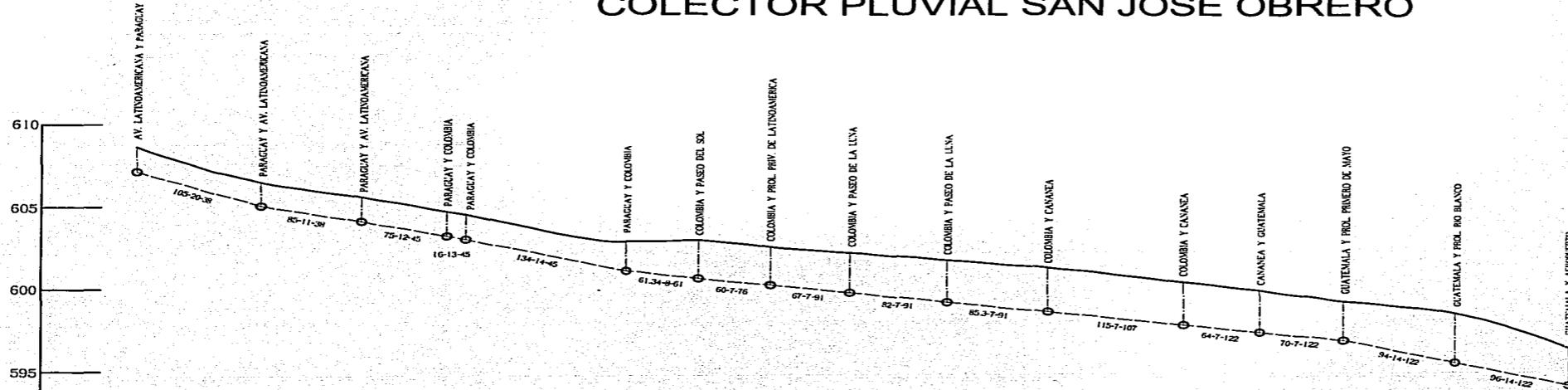
ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA CENTRO ENTRE AV. LATINOAMERICANA, NIZA,
PASO LAZARO CARDENAS Y AEROPUERTO.

PROYECTO DE TESIS: Arellano Naranjo José Luis
Sánchez Arriaga José Alberto

URUAPAN MICH. FECHA: ABRIL - 2002 ESCALA: 1:5000
PLANO 2 VER: 1:250



COLECTOR PLUVIAL SAN JOSÉ OBRERO



Crucero	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
Profundidad	1.50	1.43	1.49	1.48	1.50	1.75	2.32	2.31	2.42	2.55	2.69	2.60	2.55	2.37	3.00	2.26				
Nivel de arrastre de tubería	607.16	605.06	604.13	603.28	603.07	601.19	600.70	600.30	599.84	599.28	598.70	597.90	597.45	596.96	595.64	594.30				
Nivel de terreno natural	608.66	606.49	605.62	604.76	604.57	602.94	603.02	602.61	602.26	601.83	601.39	600.50	600.00	599.33	598.64	596.56				
Cadenamiento	0+000	0+105	0+190	0+261	0+277	0+411	0+472.34	0+532.34	0+593.34	0+681.34	0+766.64	0+881.64	0+945.64	+0156.64	+105.64	+205.64				

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA CENTRO ENTRE AV. LATINOAMERICANA, NIZA, PASEO LAZARO CARDENAS Y AEROPUERTO. (PERFIL)

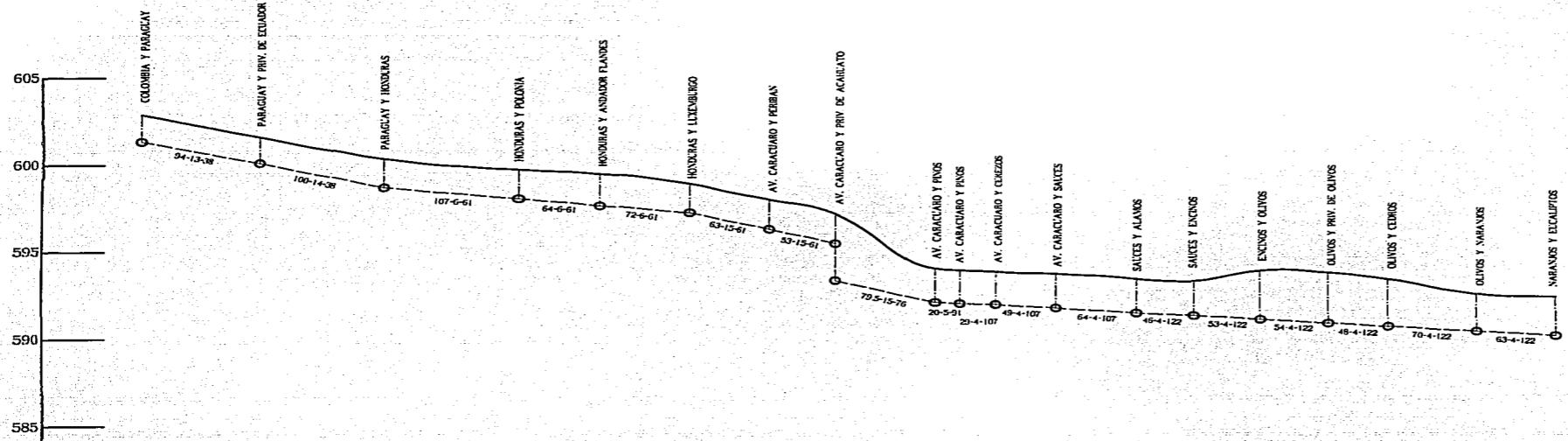
PROYECTO DE TESIS: Arellano Naranjo José Luis, Sánchez Arraga José Alberto

URUAPAN MICH. FFCIA: ABRIL - 2002 ESCALA H.O.R: 1:5000 VER: 1:250

PLANO 3



COLECTOR PLUVIAL MIRAFLORES



Crucero	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
Profundidad	1.54	1.50	1.65	1.67	1.83	1.67	1.70	1.71	1.85	1.86	1.85	1.97	2.00	2.81	2.92	2.75	2.14	2.25		
Nivel de arrastre de tubería	601.37	600.15	598.75	598.10	597.71	597.27	596.33	595.30	592.21	592.11	591.99	591.36	591.15	590.74	590.46	590.21				
Nivel de terreno natural	602.91	601.65	600.40	599.77	599.54	598.94	598.03	597.24	594.06	593.97	593.87	593.36	593.96	593.85	593.47	592.60				
Cadenamiento	0+000	0+084	0+194	0+301	0+385	0+437	0+500	0+553	0+622.5	0+652.5	0+681.5	0+700.5	0+794.5	0+800.5	0+893.5	0+947.5	0+995.5	1+065.5	1+128.5	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA CENTRO ENTRE AV. LATINOAMERICANA, NIZA, PASO LAZARO CARDENAS Y AEROPUERTO. (PERFIL)

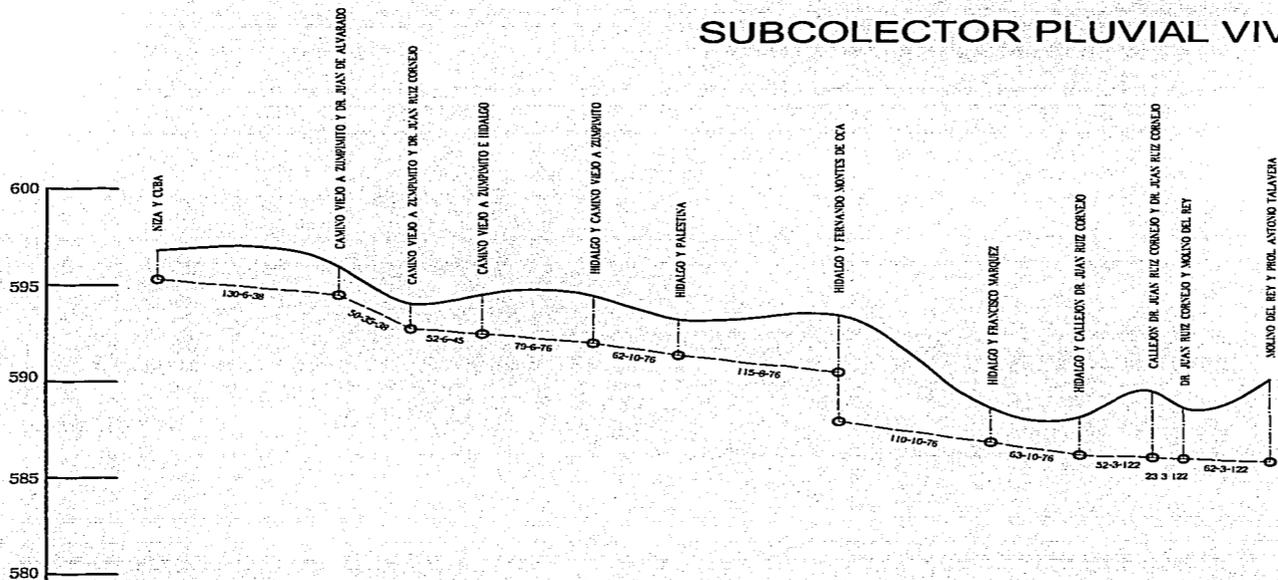
PROYECTO DE TESIS: Arellano Naranjo José Luis
Sánchez Arriaga José Alberto

PLANO 4

URUAPAN MICII. FECHA: ABRIL - 2002 ESCALA 1:1000
VER: 1:250



SUBCOLECTOR PLUVIAL VIVEROS



Crucero	0+000	0+130	0+180	0+222	0+311	0+373	0+488	0+538	0+661	0+713	0+736	0+798
Profundidad	1.50	1.47	1.30	2.04	2.45	1.65	2.95	1.80	1.97	3.45	2.65	4.25
Nivel de arrastre de tubería	595.28	594.50	592.75	592.44	591.95	591.24	587.42	586.76	586.13	583.98	583.91	585.72
Nivel de terreno natural	596.78	595.97	594.05	594.48	594.41	593.19	593.38	588.56	588.10	589.43	588.57	590.00
Cadenamiento	0+000	0+130	0+180	0+222	0+311	0+373	0+488	0+538	0+661	0+713	0+736	0+798

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

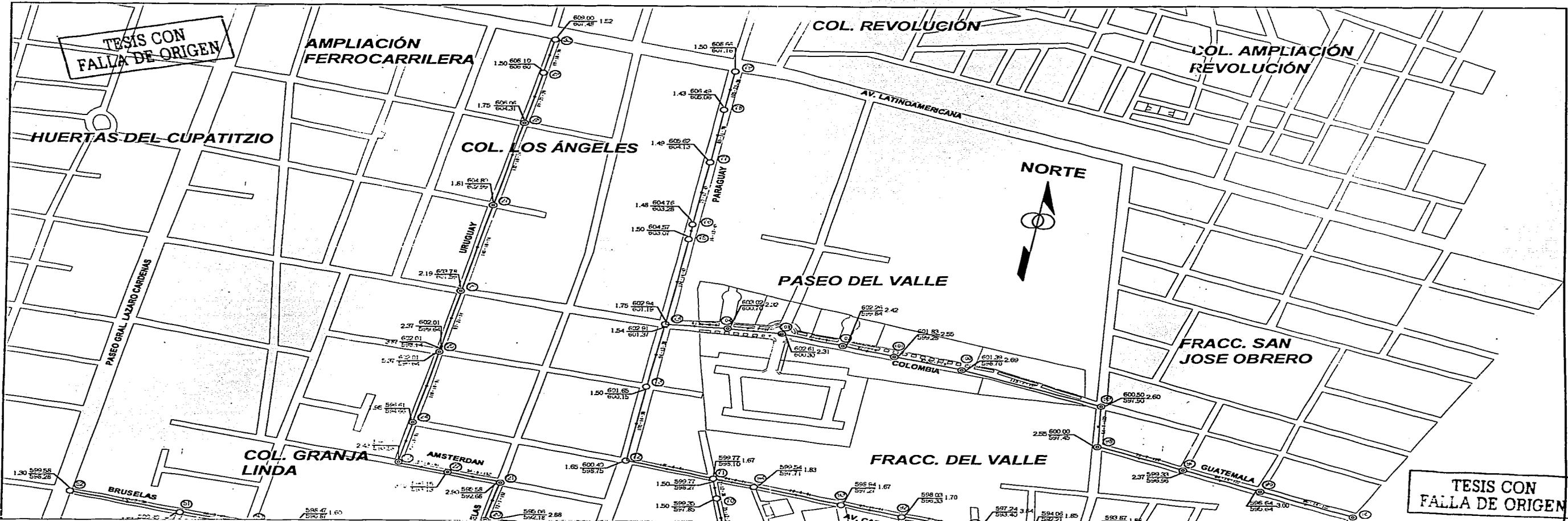


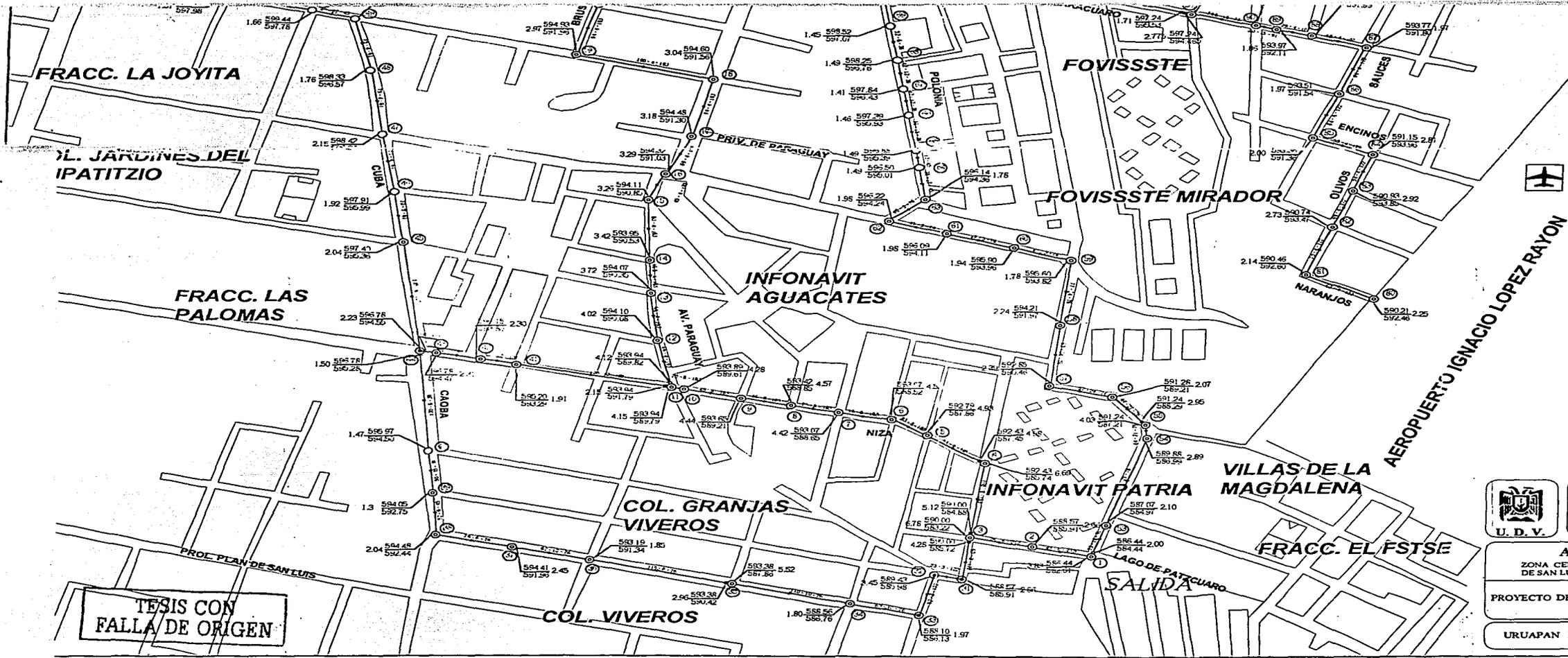
U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA CENTRO ENTRE AV. LATINOAMERICANA, NIZA, PASO LAZARD CARDENAS Y AEROPUERTO. (PERFIL)

PROYECTO DE TESIS: Arcilano Naranjo José Luis, Sánchez Artigas José Alberto PLANO 6

URUAPAN MICIL. FECHA: ABRIL - 2002 ESCALA (HOR: 1:5000, VER: 1:250)





SIMBOLOGIA

REJILLA TRANSVERSAL CON POZO DE ABERCION	
POZO DE ABERCION	
CAJETA DE ATARJIA	
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO	
POZO DE VISTA ORIENTE	
POZO DE VISTA SURESTE	
POZO DE VISTA AL LOCALIDAD	
POZO DE VISTA COMUN DE PROYECTO	
POZO DE VISTA ESPECIAL DE PROYECTO	
POZO CAJA DE PROYECTO	
POZO CON CAIDA LIBRE	
POZO CON CAIDA	
LONGITUD (m) - PENDIENTE (‰) - DIAMETRO (mm)	
NUMERO DE TRAMO	
NUMERO DE POZO	
ELEVACION DE TRAMO	
ELEVACION DE MANIFESTACION	
LIMITES DE MANIFESTACION A LA SALIDA (Elevacion del pozo)	
COLADERA TRANSVERSAL (mm)	
COLADERA DE FIBRA Y BANQUETA	
COLADERA DE FIBRA	
PUNTO DE MANIFESTACION	
RIO O ARROYO	
POZO CON CAIDA ESCALONADA	


U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
INGENIERIA CIVIL

ALCANTARILLADO PLUVIAL
 ZONA CENTRO-SUR ENTRE AV. LATINOAMERICANA, PLAN DE SAN LUIS, PASEO LAZARO CARDENAS Y AEROPUERTO. (PLANTA)

PROYECTO DE TESIS: Arellano Naranjo José Luis
 Sánchez Arriaga José Alberto

URUAPAN MICH. FECHA: ABRIL - 2002 ESCALA: Sin escala

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



5.2.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

5.2.1.- Excavación.

Básicamente este procedimiento se caracteriza por el afloje del material y operaciones necesarias para macizar o limpiar la plantilla y taludes de las zanjas; remoción del material producto de las excavaciones, colocado exclusivamente a un lado de la zanja donde no interfiera con el desarrollo de los trabajos y la conservación de dicha excavación por el tiempo que se requiera, hasta la instalación satisfactoria de la tubería.

El afloje y extracción del material se podrá efectuar de forma manual o con equipo mecánico. Cuando el material se puede conformar con pala de mano, la parte central del fondo de la zanja se excavará en forma redondeada, de manera que la tubería apoye sobre el terreno en todo el desarrollo de su cuadrante inferior y en toda su longitud.

Cuando la resistencia del terreno o las dimensiones de la excavación sean tales que pongan en peligro la estabilidad de las paredes, se deberá colocar los ademes y puntales necesarios a los taludes, para garantizar la estabilidad de la excavación para la seguridad de las obras y de los trabajadores.

La profundidad de la zanja para tubería de alcantarillado sanitario o pluvial será la fijada en el proyecto, pero cuidando siempre que las tuberías queden totalmente a nivel inferior de las tuberías de agua potable.

El ancho de las zanjas va a estar en función de la profundidad y del diámetro de las tuberías que se instalen. Es importante mencionar que los materiales se clasifican de acuerdo a sus características de la siguiente manera:

Los materiales clase I, como es la tierra, arena, grava, limo, arcilla suave, o bien aquellos materiales que puedan ser removidos con el uso de pala de mano.

El material clase II, sería la arcilla dura, tepetate de dureza media, roca intemperizada o bien todos aquellos materiales que puedan ser aflojados económicamente con el uso de picos así como las fracciones de roca, piedras sueltas, peñascos, etc.

Dentro de los materiales clase III, quedan comprendidos los tepetates de gran dureza, las rocas, o bien todos aquellos materiales que pueden ser aflojados con el uso de explosivos, barrenador ó cuña, maquinaria pesada y marro.



5.2.2.- Plantilla.

Cuando el fondo de las excavaciones donde se instalen las tuberías de alcantarillado, no ofrezca la consistencia necesaria para sustentarias y mantenerlas en su posición de forma estable, o cuando la excavación haya sido efectuada en roca, que por su naturaleza no haya podido afinarse de manera que la tubería no tenga el asiento correcto, se construirá una plantilla de acuerdo a las especificaciones mencionadas anteriormente.

5.2.3.- Instalación, junteo y prueba.

Para efectuar la instalación de la tubería, será bajada al fondo de la zanja de modo que se evite roturas y daños, no se deberán golpear ni dejar caer. El tendido de la tubería se hará de acuerdo a las cotas y pendientes de proyecto, de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor de 5 mm respecto a las cotas de proyecto cuando se trate de tubería hasta de 60 cm de diámetro o de 10 mm cuando se trate de diámetros mayores.

La tubería se deberá colocar con la campana hacia aguas arriba y siempre de aguas abajo a aguas arriba, debiendo tener cada pieza un apoyo completo y firme en toda su longitud. Una vez que la tubería este dentro de la zanja, se procederá a limpiar cuidadosamente los machos y campanas de los tubos por juntear, quitándoles con un cepillo de alambre la tierra que se acumule.

Los tubos limpios se humedecerán en sus extremos que formarán la junta, llenándose la circunferencia interior de la campana del tubo ya colocado y la circunferencia exterior del macho del tubo por colocarse con mortero, formando una capa de espesor suficiente para llenar la junta.

El mortero de cemento se puede fabricar en una mezcladora o sobre una lámina impermeable, para evitar que se mezcle con tierra o que se pierda lechada.

Se debe efectuar una prueba hidrostática para comprobar la impermeabilidad de los tubos de concreto y sus juntas, la cual consiste en vaciar en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de agua de una pipa de 5 m³ de capacidad que desagüe al pozo por medio de una manguera de 6 pulgadas de diámetro, dejando correr el agua libremente a través del tramo de tubería por probar.

En el pozo de visita aguas abajo se instalará una bomba con el fin de evitar que se forme un tirante de agua, que podría deslavar las últimas juntas de mortero que aún estén frescas.



5.2.4.- Relleno.

La primera parte del relleno de zanjas se hará empleando en ellas tierra libre de piedras, debiendo ser cuidadosamente colocada y compactada a los lados y arriba de las tuberías. El espesor de este relleno será de 30 cm sobre el lomo superior del tubo. Después de utilizar el producto de la excavación, poniendo en capas de 20 cm. de espesor máximo cuidadosamente humedecidas y apisonada con pisón de mano. La consolidación empleando agua no se permitirá en rellenos en que se empleen materiales arcillosos ó areno arcillosos.

5.3.- VOLUMEN DE OBRA.

A continuación se hace una descripción del contenido en las tablas del volumen de obra, donde tomamos como ejemplo práctico el tramo 30-29 del colector los Ángeles ya que las siguientes columnas se realizan de forma similar y se puede apreciar al final de este análisis.

Análisis de obra "Colector los Ángeles"

Columna 1

Número de crucero: 30

Columna 2

Tramo de la red: 30 - 29

Columna 3

Diámetro interior: 38 cm.

Columna 4Longitud entre el crucero 30 - 29:
 $L = 49 \text{ m.}$ **Columna 5**Profundidad del crucero:
cruceo 30 — 1.52 m.**Columna 6**Profundidad promedio entre cruceros:
cruceo 30 — 1.52 m.

cruceo 29 — 1.50 m.

$$= \frac{1.52 + 1.50}{2} = 1.51 \text{ m}$$

**Columna 7**

El ancho de zanja lo podemos obtener de la tabla 3.2 en el capítulo 3.

$$\text{Ancho de zanja} = 0.95 \text{ m}$$

Columna 8

$$\begin{aligned} \text{Plantilla} &= (\text{longitud})(\text{ancho de zanja}) = (49)(0.95) \\ &= 46.55 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Columna 9

Volumen de plantilla = (Plantilla)(espesor)

Con lo que respecta al espesor de plantilla, podemos emplear la siguiente fórmula:

$$\text{Espesor} = 0.1 D_e + 5 \text{ cm} ; D_e = \text{Diámetro exterior del tubo.}$$

Para utilizar el diámetro interior de la tubería, la fórmula anterior se puede modificar como a continuación se muestra:

$$\text{Espesor} = 0.1 D_i + 10 \text{ cm} ; D_i = \text{Diámetro interior del tubo.}$$

sustituyendo

$$\begin{aligned} \text{espesor} &= 0.1 (0.38) + 0.1 \\ \text{espesor} &= 0.138 \text{ m.} \end{aligned}$$

Por lo que:

$$\text{vol. de plantilla} = (46.55 \text{ m}^2)(0.138 \text{ m}) = 6.4239$$

$$\text{vol. de plantilla} = 6.4239 \text{ m}^3$$

Columna 10

$$\text{Vol. de tubo} = \frac{\pi D^2 (\text{longitud})}{4} = \frac{\pi (0.38)^2 (49)}{4} = 5.5572$$

$$\text{Vol. de tubo} = 5.5572 \text{ m}^3$$

Columna 11

Demolición de concreto

$$\text{hidráulico con espesor de 18 cm} = (\text{long.})(\text{Ancho de zanja}) = 49(0.95)$$

$$\text{Demolición} = 46.55 \text{ m}^2$$

**Columna 12**

$$\begin{aligned} \text{Vol. de excavación} &= (\text{long.}) (\text{prof. promedio}) (\text{ancho de zanja}) + (\text{vol. de plantilla}) - \\ & \quad [(\text{demolición de concreto hco.}) (\text{espesor})] \\ &= 49 (1.51) (0.95) - [(6.4239)(0.18)] \end{aligned}$$

$$\text{Vol. de excavación} = 68.34 \text{ m}^3$$

Columna 13

$$\begin{aligned} \text{Acostillado} &= [(\text{diám. int. de tubo} + 0.35)(\text{ancho})(\text{long.})] - (\text{vol. de tubo}) \\ &= [(0.38 + 0.35) (0.95) (49)] - 5.5572 \end{aligned}$$

$$\text{Acostillado} = 28.4243 \text{ m}^3$$

Columna 14

$$\begin{aligned} \text{Reposición de base hca.} \\ \text{con un espesor de 30 cm} &= (\text{long.})(\text{ancho de zanja}) \\ &= 49(0.95) \end{aligned}$$

$$\text{Reposición} = 46.55 \text{ m}^2$$

Columna 15

$$\begin{aligned} \text{Relleno con material} \\ \text{producto de excavación} &= \text{excavación} - [(\text{acostillado} + \text{Vol. de plant.} + \\ & \quad \text{reposición de base hca.})(\text{espesor})] \end{aligned}$$

$$= [68.34 - (28.4243 + 6.4239)(0.30)]$$

$$\text{Relleno} = 19.52 \text{ m}^3$$

Columna 16

$$\begin{aligned} \text{Reposición de pavimento hco.} \\ \text{con un espesor de 18 cm} &= (\text{long.})(\text{ancho de zanja}) \\ &= 49(0.95) \end{aligned}$$

$$\text{Reposición} = 46.55 \text{ m}^2$$

Columna 17

$$\begin{aligned} \text{Carga y acarreo de material} \\ \text{producto de excavación} &= [\text{Vol. de plantilla} + \text{acostillado} + (\text{base hca.})(\text{espesor})] \end{aligned}$$

$$= [6.42 + 28.42 + (46.55)(0.30)]$$

$$\text{Carga y acarreo} = 48.81 \text{ m}^3$$

Nota: El análisis presentado se realizó de forma similar para el cálculo de las columnas y colectores faltantes.



SUBCOLECTOR PLUVIAL LOS ÁNGELES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Cruce	Tubo	Díametro	Longitud	Profundidad	Profundidad promedio	Ancho de zanja	Plantilla	Volumen de plantilla	Volumen de tubo	Demolición de concreto hidráulico con un espesor de 18 cm	Excavación	Acostillado	Reposición de base hidráulica con un espesor de 30 cm	Relevo con material producto de excavación	Reposición de pavimento hidráulico con un espesor de 18 cm	Carga y acarreo de material producto de excavación	
		cm	m	m	m	m	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
30				1.52													
	30-29	38	49		1.51	0.95	48.55	8.42	5.56	48.55	88.34	28.42	48.55	19.52	48.55	48.81	
29				1.50													
	29-28	38	85		1.63	0.95	80.75	11.14	9.64	80.75	127.83	49.31	80.75	43.15	80.75	84.68	
28				1.75													
	28-27	76	132		1.78	1.50	198.00	34.85	59.83	198.00	351.05	159.80	198.00	97.50	198.00	254.15	
27				1.81													
	27-26	76	140		2.00	1.50	210.00	38.96	85.51	210.00	419.16	189.50	210.00	149.81	210.00	289.55	
26				2.19													
	26-25	76	83		2.28	1.50	139.50	24.55	42.19	139.50	317.50	112.68	139.50	138.44	139.50	179.08	
25	CAIDA			2.37													
				5.37													
	25-24	91	110		3.66	1.70	187.00	35.72	71.54	187.00	868.48	164.08	187.00	430.58	187.00	255.89	
24				1.95													
	24-23	91	80		2.19	1.70	102.00	19.48	39.02	102.00	224.50	89.50	102.00	84.92	102.00	139.58	
23				2.43													
	23-22	152	57		2.73	2.50	142.50	35.81	103.43	142.50	398.57	183.04	142.50	158.87	142.50	241.70	
22				3.02													
	22-21	152	56		2.96	2.50	140.00	35.28	101.82	140.00	424.48	180.18	140.00	187.02	140.00	237.48	
21				2.90													
	21-20	152	72		2.88	2.50	150.00	45.38	130.65	180.00	533.16	205.95	180.00	227.85	180.00	305.31	
20				2.88													
	20-19	152	54		2.93	2.80	151.20	38.10	97.99	151.20	453.15	164.78	151.20	184.93	151.20	268.22	
19				2.97													
	19-18	183	100		3.01	2.80	250.00	79.24	283.02	280.00	870.24	347.38	280.00	359.82	280.00	510.82	
18				3.04													
	18-17	183	84		3.11	2.80	179.20	50.71	188.33	179.20	575.77	222.32	179.20	248.97	179.20	328.80	
17				3.18													
	17-16	183	89		3.24	2.80	193.20	54.88	181.49	193.20	644.00	239.89	193.20	292.58	193.20	352.33	
16				3.29													
	16-15	183	45		3.28	2.80	128.00	35.86	118.38	128.00	425.83	158.32	128.00	165.65	128.00	229.78	
15				3.28													
	15-14	183	80		3.34	2.80	224.00	63.39	210.42	224.00	771.23	277.80	224.00	387.74	224.00	408.49	
14				3.42													
	14-13	183	48.3		3.57	2.80	129.84	38.69	121.78	129.84	478.17	150.84	129.84	239.75	129.84	238.42	
13				3.72													
	13-12	183	66		3.87	2.80	184.80	52.30	173.59	184.80	734.21	229.27	184.80	387.20	184.80	337.01	
12				4.02													
	12-11	183	86		4.07	2.80	184.80	52.30	173.59	184.80	804.43	229.27	184.80	487.43	184.80	337.01	
11				4.12													
	Suma		1444.3				Suma	3078.14	748.74	2135.82	3078.14	8307.38	3350.37	3078.14	4284.54	3078.14	5822.88

TUBOS CON FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO DE DISEÑO PLUVIAL

COLECTOR PLUVIAL SAN JOSE OBRERO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Cruce	Tramo	Díametro	Longitud	Profundidad	Profundidad promedio	Ancho de zanja	Plancha	Volumen de plancha	Volumen de tubo	Demolición de concreto hidráulico con un espesor de 18 cm	Excavación	Acostillado	Reposición de base hidráulica con un espesor de 30 cm	Relleno con material producto de excavación	Reposición de pavimento hidráulico con un espesor de 18 cm	Carga y acarreo de material producto de excavación	
		cm	m	m	m	m	m ²	m ³	m ³	m ²	m ³	m ³	m ²	m ³	m ²	m ³	
72				1.5													
79-78	38	105			1.47	0.95	99.75	13.708	11.908	99.75	141.94	80.909	99.75	37.34	99.75	104.80	
78				1.43													
78-77	38	85			1.46	0.95	80.75	11.144	9.840	80.75	114.50	49.308	80.75	29.83	80.75	84.68	
77				1.49													
77-78	45	71			1.49	1.10	78.10	11.325	11.282	78.10	113.25	51.186	78.10	27.30	78.10	85.94	
78				1.48													
78-75	45	18			1.49	1.10	17.80	2.552	2.545	17.80	25.61	11.535	17.80	8.24	17.80	19.37	
75				1.5													
75-74	45	134			1.63	1.10	147.40	21.373	21.312	147.40	234.37	98.808	147.40	72.18	147.40	182.20	
74				1.75													
74-104	81	81.34			2.04	1.30	79.74	12.838	17.928	79.74	180.78	58.828	79.74	65.37	79.74	95.39	
104				2.37													
104-103	78	80			2.32	1.50	90.00	15.840	27.219	90.00	207.99	72.881	90.00	92.47	90.00	115.52	
103				2.31													
103-102	81	87			2.37	1.70	113.90	21.755	43.578	113.90	270.83	99.938	113.90	114.78	113.90	153.88	
102				2.42													
102-101	81	82			2.49	1.70	139.40	29.825	53.332	139.40	347.94	122.312	139.40	157.18	139.40	180.78	
101				2.55													
101-100	91	85.3			2.82	1.90	182.07	30.955	55.478	182.07	428.41	148.730	182.07	168.10	182.07	228.31	
100				2.68													
100-99	107	115			2.85	1.90	218.50	45.230	103.408	218.50	583.83	206.882	218.50	266.19	218.50	317.84	
99				2.8													
99-98	122	84			2.58	2.10	134.40	29.837	74.815	134.40	351.72	136.193	134.40	143.38	134.40	208.35	
98				2.55													
98-97	122	70			2.48	2.10	147.00	32.834	81.829	147.00	387.79	148.961	147.00	142.10	147.00	225.86	
97				2.37													
97-96	122	84			2.69	2.10	197.40	43.823	109.885	197.40	538.31	200.033	197.40	235.23	197.40	303.08	
96				3													
96-95	122	96			2.83	2.10	201.80	44.755	112.223	201.80	538.88	204.289	201.80	229.15	201.80	309.52	
95				2.26													
	Suma		1295.84				Suma	1907.81	384.451	738.388	1907.812	4423.727	1888.174	1907.812	1818.819	1907.812	2804.908

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN



COLECTOR PLUVIAL FOMISSTE MIRADOR

Cauce	Tiempo	Diámetro	Longitud	Probabilidad	Probabilidad	Área de	Pendiente	Volumen de	Volumen de	Dimensión	Extracción	Acreditado	Reposición	Materia con	Reposición	Reposición	Carga y volumen de	
		cm	m	m	m	m ²	m ²	m ³	m ³									
71	71-70	38	35	1.50	1.50	0.83	33.25	4.558	3.088	33.25	48.4	20.302	33.25	13.81	33.25	33.25	34.87	
70	70-69	38	52	1.48	1.48	0.83	49.40	8.817	5.897	49.40	70.79	30.165	49.40	18.88	49.40	49.40	51.50	
69	69-68	38	52	1.45	1.47	0.83	49.40	8.817	5.897	49.40	70.74	30.165	49.40	18.74	49.40	49.40	51.80	
68	68-67	38	33	1.49	1.45	0.83	31.35	4.328	3.143	31.35	44.14	19.143	31.35	11.77	31.35	32.87		
67	67-66	38	42	1.41	1.44	0.83	39.80	5.568	4.763	39.80	55.53	24.384	39.80	13.74	39.80	41.84		
66	66-65	38	38	1.48	1.44	0.83	34.20	4.720	4.033	34.20	49.01	20.843	34.20	13.15	34.20	35.68		
65	65-64	45	38	1.40	1.49	1.10	41.80	8.081	6.044	41.80	50.32	27.384	41.80	14.82	41.80	48.00		
64	64-63	45	38	1.49	1.64	1.10	41.80	8.081	6.044	41.80	68.88	27.384	41.80	20.88	41.80	48.00		
63	63-62	78	40	1.78	1.68	1.50	60.00	10.560	18.146	60.00	112.56	48.454	60.00	35.55	60.00	77.01		
62	62-61	78	45	1.88	1.68	1.50	67.50	11.880	20.414	67.50	133.39	54.811	67.50	42.74	67.50	88.54		
61	61-60	78	48	1.88	1.98	1.50	72.00	12.672	21.775	72.00	146.83	58.105	72.00	48.82	72.00	92.42		
60	60-59	78	47	1.84	1.68	1.50	70.50	12.408	21.371	70.50	138.85	56.824	70.50	49.38	70.50	90.48		
59	59-58	78	77	1.78	2.01	1.50	115.50	20.328	34.833	115.50	211.96	83.274	115.50	83.44	115.50	148.23		
58	58-57	78	63	2.24	2.33	1.50	84.50	18.822	28.586	84.50	218.39	78.715	84.50	87.08	84.50	131.38		
57	57-56	78	52	2.39	2.23	1.50	78.00	13.728	22.586	78.00	173.83	67.880	78.00	79.31	78.00	108.12		
56	56-55	78	44	2.07	2.31	1.50	66.00	11.616	18.880	66.00	165.40	53.300	66.00	68.08	66.00	84.72		
55	CALIA			2.88														
	55-54	81	11	4.03	3.48	1.70	23.80	4.545	8.105	23.80	32.61	20.883	23.80	50.64	23.80	32.97		
54	54-53	81	128	2.88	2.50	1.70	214.20	40.812	81.848	214.20	539.78	187.843	214.20	243.87	214.20	280.12		
53	53-1	81	33	2.10	2.05	1.70	56.10	10.715	21.483	56.10	123.70	48.223	56.10	48.85	56.10	78.77		
1				2.00														
	Suma		818.0				1232.30	218.884	341.671	1232.300	2518.083	861.937	1232.300	873.682	1232.300	1232.300	1844.441	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



SUBCOLECTOR PLUVIAL VIVEROS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Cruce	Trama	Dámetro	Longitud	Profundidad	Profundidad promedio	Ancho de zanja	Plancha	Volumen de plancha	Volumen de tubo	Demolición de concreto hidráulico con un espesor de 18 cm	Excavación	Acostillado	Reposición de base hidráulica con un espesor de 30 cm	Refrero con material producto de excavación	Reposición de pavimento hidráulico con un espesor de 18 cm	Carga y acarreo de material producto de excavación	
		cm	m	m	m	m	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	excavación
44				1.50													
	44-40	38	130		1.48	0.85	123.500	17.043	14.743	123.50	178.21	75.412	123.50	48.71	123.50		129.50
40				1.47													
	40-39	38	50		1.39	0.95	47.500	8.555	5.671	47.50	83.79	29.004	47.50	13.88	47.50		49.81
39				1.30													
	39-38	45	52		1.07	1.10	57.200	8.294	8.270	57.20	83.92	37.490	57.20	30.58	57.20		62.94
38				2.04													
	38-37	78	79		2.25	1.50	118.500	20.456	35.838	118.50	265.58	95.697	118.50	112.48	118.50		152.10
37				2.45													
	37-36	78	82		2.15	1.50	93.000	16.366	28.128	93.00	199.56	79.104	93.00	80.21	93.00		119.37
36				1.85													
	36-35	78	115		2.41	1.50	172.500	30.380	52.169	172.50	414.17	139.306	172.50	192.78	172.50		221.42
35	CAUDA			2.96													
				5.52													
	35-34	78	110		3.66	1.50	185.000	29.040	49.901	185.00	603.24	133.248	185.00	391.43	185.00		211.79
34				1.80													
	34-33	78	83		1.89	1.50	94.500	18.832	28.580	94.50	177.75	78.315	94.50	58.48	94.50		121.30
33				1.87													
	33-32	122	52		2.71	2.10	108.200	24.242	80.787	108.20	300.52	110.657	108.20	132.88	108.20		167.86
32				3.45													
	32-31	122	23		3.06	2.10	46.300	10.723	28.887	46.30	149.59	48.944	46.30	75.43	46.30		74.18
31				2.86													
	31-3	122	82		3.47	2.10	130.200	28.904	72.477	130.20	457.28	131.937	130.20	257.38	130.20		199.80
3				4.28													
	Suma		798.0				Suma	1158.40	209.017	383.450	1158.400	2903.194	953.114	1159.400	1393.243	1158.400	1509.852

TRM-SIS CON
FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO DE DISEÑO PLUVIAL

Resumen de Volumen de obra

Concepto	Demolición de concreto hidráulico con un espesor de 18 cm. m ²	Excavación m ³	Plantilla m ²	Tubería m	Acostillado m ³	Relleno con material producto de excavación m ³	Reposición de base hidráulica con un espesor de 30 cm. m ²	Reposición de pavimento hidráulico con un espesor de 18 cm. m ²	Carga y acarreo de material producto de excavación al fer. Km m ³
SUBCOLECTOR PLUVIAL LOS ÁNGELES	3079.14	9307.39	748.74	1444.30	3350.37	4284.54	3079.14	3079.14	5022.86
COLECTOR PLUVIAL EL FSTSE	2741.70	10288.65	655.86	1371.00	5893.26	5893.26	2741.700	2741.700	4393.397
COLECTOR PLUVIAL SAN JOSE OBRERO	1907.612	4423.73	364.45	1205.64	1668.17	1818.82	1907.612	1907.612	2604.908
COLECTOR PLUVIAL MIRAFLORES	1788.250	3770.32	344.28	1128.50	1569.04	1320.52	1788.250	1788.250	2449.797
COLECTOR PLUVIAL FOMSSSTE MIRADOR	1239.200	2518.08	210.89	915.00	961.79	973.84	1239.200	1239.200	1544.441
SUBCOLECTOR PLUVIAL VIVEROS	1159.400	2903.19	209.02	798.00	953.11	1393.24	1159.400	1159.400	1509.952
Suma total	11815.30	33208.37	2533.25	8882.44	14385.75	15884.02	11815.30	11815.30	17828.35

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



5.4.- NÚMEROS GENERADORES.

NÚMEROS GENERADORES

a) -Demolición de concreto hidráulico
con un espesor de 18 cm

Subcolector Los Angeles	554.25	m ³
Colector El FSTSE	493.51	m ³
Colector San José Obrero	343.370	m ³
Colector Miraflores	321.885	m ³
Colector FOVISSSTE Mirador	223.056	m ³
Subcolector Viveros	208.692	m ³
Demolición total=	2144.75	m³

b) -Excavación con máquina:

Subcolector Los Angeles	9307.39	m ³
Colector El FSTSE	10286.65	m ³
Colector San José Obrero	4423.73	m ³
Colector Miraflores	3770.32	m ³
Colector FOVISSSTE Mirador	2518.08	m ³
Subcolector Viveros	2903.19	m ³
Excavación total=	33209.37	m³

c) -Afine y nivelación a mano

Subcolector Los Angeles	748.74	m ²
Colector El FSTSE	655.86	m ²
Colector San José Obrero	364.45	m ²
Colector Miraflores	344.28	m ²
Colector FOVISSSTE Mirador	210.89	m ²
Subcolector Viveros	209.02	m ²
Afine total=	2533.25	m²

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



d) -Plantilla :

Para diámetro de: (cm)			Espesor de plantilla: (cm)		
38	995.60	m ²	0.14	137.39	m ³
45	502.70	m ²	0.15	72.89	m ³
61	923.44	m ²	0.16	148.67	m ³
76	2024.25	m ²	0.18	356.27	m ³
91	1032.47	m ²	0.19	197.20	m ³
107	1071.60	m ²	0.21	221.82	m ³
122	1803.90	m ²	0.22	400.47	m ³
152	613.70	m ²	0.25	154.65	m ³
183	2624.44	m ²	0.28	742.72	m ³
213	323.20	m ²	0.31	101.16	m ³
Plantilla total:	11915.30	m²		2533.25	m³

e) -Longitud de la red (tubería):

Para diámetro de:		
38 cm.	1048.00	ml
45 cm.	457.00	ml
61 cm.	710.34	ml
76 cm.	1349.50	ml
91 cm.	597.30	ml
107 cm.	564.00	ml
122 cm.	859.00	ml
152 cm.	239.00	ml
183 cm.	937.30	ml
213 cm.	101.00	ml
Longitud total=	6862.44	ml

f) -Acostillado

Subcolector Los Angeles	3350.37	m ³
Colector EI FSTSE	5893.26	m ³
Colector San José Obrero	1668.17	m ³
Colector Miraflores	1569.04	m ³
Colector FOVISSSTE Mirador	961.79	m ³
Subcolector Viveros	953.11	m ³
Acostillado total=	14395.75	m³

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



g).-Relleno con material producto de excavación

Subcolector Los Angeles	4284.54	m ³
Colector El FSTSE	5893.26	m ³
Colector San José Obrero	1818.82	m ³
Colector Miraflores	1320.52	m ³
Colector FOVISSSTE Mirador	973.64	m ³
Subcolector Viveros	1393.24	m ³
Acostillado total=	15684.02	m³

h).-Reposición de base hidráulica con un espesor de 30 cm

Subcolector Los Angeles	748.74	m ²
Colector El FSTSE	655.86	m ²
Colector San José Obrero	364.45	m ²
Colector Miraflores	344.28	m ²
Colector FOVISSSTE Mirador	210.89	m ²
Subcolector Viveros	209.02	m ²
Reposición total=	2533.25	m²

i).-Reposición de pavimento hidráulico con un espesor de 18 cm.

Subcolector Los Angeles	748.74	m ²
Colector El FSTSE	655.86	m ²
Colector San José Obrero	364.45	m ²
Colector Miraflores	344.28	m ²
Colector FOVISSSTE Mirador	210.89	m ²
Subcolector Viveros	209.02	m ²
Reposición total=	2533.25	m²

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



j) -Carga y acarreo de material producto de excavación al 1er. Km, considerando un 25 % de abundamiento.

Subcolector Los Angeles	6278.57	m ³
Colector El FSTSE	5491.746	m ³
Colector San José Obrero	3256.135	m ³
Colector Miraflores	3062.246	m ³
Colector FOVISSSTE Mirador	1930.551	m ³
Subcolector Viveros	1887.440	m ³
Reposición total=	21906.69	m³

k).-Pozos de visita:

Pozos de visita común	33	pozo
Pozos de visita especiales	69	pozo
Total=	102	pozo

l).-Pozos con estructura adicional:

Pozos con caída simple:	7	pozo
Pozos con caída escalonada:	3	pozo
Total=	10	pozo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**5.4.- ANÁLISIS DE COSTOS.**

Presupuesto para el proyecto de drenaje pluvial de la zona centro-sur de la ciudad de Uruapan Michoacán, ubicado entre las calles Av. Latino-americana, Paseo Lázaro Cardenas, Hidalgo (colonia Viveros) y el Aeropuerto Ignacio Lopez Rayón.

ANÁLISIS DE COSTOS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Trazo y nivelación topográfica.	ml	6856.44	\$ 5.17	\$ 35,447.79
Trazo y corte con cortadora de disco en pavimento de concreto hidráulico.	ml	13712.88	\$ 24.22	\$ 332,125.95
Ruptura y demolición de pavimento hidráulico de 18 cm de espesor con equipo de demolición (Incluye compresora, rompedora y operarios).	m ²	2144.75	\$ 65.18	\$ 139,795.09
Excavación con equipo mecanico en material tipo "B", en seco para zanjas de 0 a 4 m. , de profundidad.	m ³	33209.37	\$ 26.14	\$ 868,092.90
Afine y nivelación del fondo de la zanja para desplante de tubería de 10 cm. de espesor.	m ²	2533.25	\$ 5.45	\$ 13,806.19
Instalación de tubería de asbesto-cemento con refuerzo de acero y junta de hule de :				
38 cm de diámetro.	ml	1048.00	\$ 26.51	\$ 27,782.48
45 cm de diámetro.	ml	457.00	\$ 40.42	\$ 18,471.94
61 cm de diámetro.	ml	710.34	\$ 88.43	\$ 62,815.37
76 cm de diámetro.	ml	1349.50	\$ 106.04	\$ 143,100.98
91 cm de diámetro.	ml	597.30	\$ 132.13	\$ 78,921.25
107 cm de diámetro.	ml	564.00	\$ 145.14	\$ 81,858.96
122 cm de diámetro.	ml	859.00	\$ 154.56	\$ 132,767.04
152 cm de diámetro.	ml	239.00	\$ 188.48	\$ 45,046.72
183 cm de diámetro.	ml	937.30	\$ 292.14	\$ 273,822.82
213 cm de diámetro.	ml	101.00	\$ 327.94	\$ 33,121.94
Plantilla de concreto pobre f'c=70 kg/cm ²	m ³	2533.25	\$ 583.89	\$ 1,479,136.86
Acostillado	m ³	14395.75	\$ 189.52	\$ 2,728,281.61
Relleno compactado con equipo mecánico en capas de 20 cm, al 90% proctor, con material producto de la excavación.	m ³	15684.02	\$ 39.14	\$ 613,872.41



CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Base de 30 cm. de espesor de grava triturada cementada, compactado con medios mecánicos al 95% proctor, en capas de 20 cm. de espesor, previa preparación del terreno, afine, nivelación y limpieza.	m ²	11915.30	\$ 239.04	\$ 2,848,233.79
Reposición de pavimento de concreto hidráulico, f'c = 250kg/cm ² , de 18 cm. de espesor, incluye suministro del material, fabricación, acarreo, vibrado, curado y colocación.	m ²	11915.30	\$ 276.13	\$ 3,290,172.34
Carga a mano y acarreo en camión volteo de material sobrante de excavación 1er kilómetro, en zona urbana con tránsito intenso.	m ³	21906.69	\$ 30.00	\$ 657,200.70
Sobreacarreo en camión volteo de material sobrante de excavación a los kilómetros subsecuentes en camino plano y pavimentado.	km-m ³	33209.37	\$ 4.03	\$ 133,833.76
Pozos				
Pozos de visita común (con diámetro interior de 1.20 m, hasta tubería de 61cm f), hasta:				
Una profundidad de 1.50 m	pozo	22	\$ 3,404.56	\$ 74,900.32
Una profundidad de 1.75 m	pozo	7	\$ 3,771.99	\$ 26,403.93
Una profundidad de 2.00 m	pozo	4	\$ 4,139.18	\$ 16,556.72
De fierro fundido, instalación. Ligero con tapa ciega (w=106 kg)	pza	33	\$ 420.66	\$ 13,881.78
Pozos de visita especial (con diámetro interior de 1.50 m, para tuberías de 76 cm a 107 cm f), hasta:				
Una profundidad de 1.75 m	pozo	1	\$ 4,104.76	\$ 4,104.76
Una profundidad de 2.00 m	pozo	18	\$ 4,506.05	\$ 81,108.90
Una profundidad de 2.25 m	pozo	7	\$ 4,907.56	\$ 34,352.92
Una profundidad de 2.50 m	pozo	6	\$ 5,308.63	\$ 31,851.78
Una profundidad de 2.75 m	pozo	2	\$ 5,720.82	\$ 11,441.64
Una profundidad de 3.00 m	pozo	2	\$ 6,136.93	\$ 12,273.86
Brocales y tapas para pozos de visita				
*De concreto, fabricación e instalación.	pza	36	\$ 1,060.25	\$ 38,169.00

TRIGIS CON
FALLA DE ORIGEN



EJEMPLO DE DISEÑO PLUVIAL

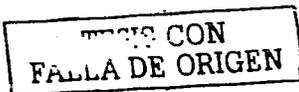
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Pozos de visita especial (con diámetro interior de 2.00 m, para tuberías de 122 cm l y mayores), hasta:				
Una profundidad de 2.00 m	pozo	5	\$ 9,491.39	\$ 47,456.95
Una profundidad de 2.25 m	pozo	1	\$ 9,984.54	\$ 9,984.54
Una profundidad de 2.50 m	pozo	1	\$ 10,477.69	\$ 10,477.69
Una profundidad de 2.75 m	pozo	3	\$ 11,237.46	\$ 33,712.38
Una profundidad de 3.00 m	pozo	6	\$ 11,722.15	\$ 70,332.90
Una profundidad de 3.25 m	pozo	3	\$ 12,215.30	\$ 36,645.90
Una profundidad de 3.50 m	pozo	1	\$ 12,708.45	\$ 12,708.45
Una profundidad de 3.75 m	pozo	3	\$ 13,201.60	\$ 39,604.80
Una profundidad de 4.00 m	pozo	2	\$ 13,703.22	\$ 27,406.44
Una profundidad de 4.25 m	pozo	2	\$ 14,204.83	\$ 28,409.66
Una profundidad de 4.50 m	pozo	4	\$ 14,706.45	\$ 58,825.80
Una profundidad de 5.00 m	pozo	1	\$ 15,208.07	\$ 15,208.07
Una profundidad de 5.50 m	pozo	1	\$ 16,685.14	\$ 16,685.14
Brocales y tapas para pozos de visita				
*De concreto, fabricación e instalación.	pza	33	\$ 1,060.25	\$ 34,988.25
Estructuras especiales (con caída)				
<i>*Pozo con caída simple, hasta:</i>				
Una profundidad de 1.00 m	caja	3	\$ 3,207.20	\$ 9,621.61
Una profundidad de 1.25 m	caja	2	\$ 3,640.34	\$ 7,280.69
Una profundidad de 1.75 m	caja	2	\$ 4,526.39	\$ 9,052.78
<i>*Estructura de caída escalonada, hasta:</i>				
Una profundidad de 1.00 m	caja	1	\$ 3,474.47	\$ 3,474.47
Una profundidad de 1.75 m	caja	2	\$ 4,903.59	\$ 9,807.17
TOTAL :				\$ 14,864,438.20

El presente presupuesto importa la cantidad de \$14,864,438.20 (catorce millones ochocientos sesenta y cuatro mil cuatrocientos treinta y ocho pesos 20/100 M/N)

Nota: Los precios fueron proporcionados por el departamento de obras y proyectos de CAPASU.

El costo total del presupuesto presentado no incluye IVA.

A 04 de mayo del 2002





CONCLUSIONES

Como último punto de este proyecto retomamos los objetivos específicos que se propusieron al comienzo, los cuales fueron:

- Dar una solución óptima al proyecto.
- Elaborar un diseño que sea costeable y seguro.
- Proporcionar suficiente información técnica para el diseño de nuevos proyectos de drenaje pluvial en cualquier zona que presente el mismo problema.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se puede apreciar que cumplimos con dichos objetivos, ya que el proyecto se maneja en función de las necesidades del área en cuestión. Todos los resultados que arroja el cálculo de la tubería para los colectores fueron minuciosamente elaborados y confirmados por un sistema de cómputo para brindar una mayor seguridad y desde luego que sea económicamente factible.

Con lo referente a la información técnica, observamos en el capítulo 4 que los datos obtenidos en el análisis del sistema pluvial fueron en base a métodos estadísticos, los cuales nos permitieron conocer con un buen grado de exactitud los parámetros necesarios entre los cuales destacan el coeficiente de escurrimiento y la intensidad por mencionar algunos y los cuales se pueden utilizar para el diseño de drenajes pluviales en zonas donde presenten el mismo conflicto de inundaciones.

Es así como cumplimos con nuestras metas fijadas en un principio, brindar un sistema integral y funcional para la población que habita en la zona centro-sur de la ciudad de Uruapan Michoacán.

TRABAJO CON
FIRMAS DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Aparicio Mijares Francisco Javier
Fundamentos de Hidrología de Superficie
Limusa Noriega editores
- 2.- Comisión Nacional del Agua
Lineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
- 3.- Arq. Contreras López Alejandro
Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Uruapan Michoacán
Dirección de Desarrollo Urbano Municipal
- 4.- López Caulla Ricardo Alfredo
Diseño de Acueductos y Alcantarillados
Alfa omega Grupos Editores, S.A.de C.V.
- 5.- Monsalve Sáenz Germán
Hidrología en la Ingeniería
Alfa omega Grupos Editores, S.A.de C.V.
- 6.- Peña Peña Américo Julio
<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/resisoli/drenaje/drenaje.htm>
- 7.- Ing. Perez Ángeles Carlos Cesar
Tesis profesional "Red de alcantarillado sanitario para los sectores IV,V,VI del fideicomiso Lázaro Cárdenas, en la ciudad de Lázaro Cárdenas"

RECIBO CON
FALLA DE ORIGEN