



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodesica

28
60

**"DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DE
SALINA CRUZ, OAXACA"**

TESIS PROFESIONAL

ELABORADA PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

POR

César Drago Serrano

Rubén Raúl de los Santos Rovira

México, D. F.

Mayo 1984



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.

I N D I C E.

	PÁGINA
I. INTRODUCCION.	1
II. CARACTERISTICAS GENERALES.	3
1. LOCALIZACION.	3
2. CLIMA.	3
3. PRECIPITACION.	3
4. VIENTOS.	3
5. GEOLOGIA.	3
6. TOPOGRAFIA.	5
8. HIDRAULICA FLUVIAL.	5
9. OLEAJE Y MAREAS.	5
10. SISMICIDAD.	5
11. DEMOGRAFIA.	8
III. PROBLEMATICA GENERAL.	12
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.	14
V. DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.	19
V.1. ANALISIS DE GASTOS.	21
V.1.1. DATOS FISIOGRAFICOS.	22
V.1.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS.	26
V.1.3. CÁLCULO DE GASTOS.	46
V.1.4. CÁLCULO DEL VOLÚMEN DE ESCURRIMIENTO.	56
V.1.5. DIMENSIONAMIENTO DE DESARENADORES.	58
V.2. TRAZO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES PLUVIALES.	65
VI. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.	74
BIBLIOGRAFIA.	77

I. INTRODUCCION.

LA POLÍTICA QUE HA SEGUIDO EL GOBIERNO FEDERAL EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, REFERENTE AL DESARROLLO INDUSTRIAL DEL PAÍS, CONTEMPLA LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES PUERTOS QUE PERMITAN FACILITAR LAS OPERACIONES COMERCIALES ENTRE LOS PUERTOS NACIONALES, ASÍ COMO TAMBIÉN CON LOS INTERNACIONALES.

ESTOS PUERTOS ESTÁN LOCALIZADOS EN: ALTAMIRA TAMAU-LIPAS, A 30 KM AL NORTE DE TAMPICO; LAGUNA DEL OSTIÓN, A 19 KM AL NORTE DE COATZACOALCOS, EN EL ESTADO DE VERACRUZ; LÁZARO CÁRDENAS-LAS TRUCHAS, EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, ENTRE LOS ESTADOS DE MICHOACÁN Y GUERRERO; Y POR ÚLTIMO SALINA CRUZ EN EL ESTADO DE OAXACA, LOCALIZADO EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC.

LOS OBJETIVOS COMUNES DE ESTOS PUERTOS INDUSTRIALES, ES EL DE MODIFICAR Y DISTRIBUIR EL CRECIMIENTO TANTO INDUSTRIAL COMO DEMOGRÁFICO Y LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL PAÍS, DESCENTRALIZÁNDOLOS HACIA EL INTERIOR Y LAS COSTAS; ESTIMULAR EL CRECIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTÁNDOLO A LA PRODUCCIÓN DE BIENES INDISPENSABLES PARA EL CONSUMO INTERNO, ASÍ COMO PARA LA EXPORTACIÓN; GENERAR EMPLEOS Y ACELERAR EL DESARROLLO REGIONAL.

LA CIUDAD DE SALINA CRUZ SERÁ UNO DE LOS PUERTOS MÁS IMPORTANTES DEL PAÍS. SUS FUNCIONES PORTUARIAS, INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS SERÁN IMPULSADAS EN LOS PRÓXIMOS AÑOS CON LA PUESTA EN OPERACIÓN DEL SERVICIO MULTIMODAL TRANSISMICO, EN EL CUAL LOS PUERTOS DE COATZACOALCOS Y SALINA CRUZ SERÁN LAS ESTACIONES TERMINALES. CON LA CONSTRUCCIÓN DE LOS PUERTOS PETROLERO E INDUSTRIAL; LA AMPLIACIÓN DE LA REFINERÍA "ANTONIO DOVALÍ JAIME"; Y LA HABILITACIÓN DEL ANTIQUO PUERTO PARA USOS PESQUEROS.

TODAS ESTAS INVERSIONES IMPULSARÁN EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN ESTOS NUEVOS CENTROS DE TRABAJO, LOS CUALES DEBERÁN CONTAR CON UNA PLANEACIÓN ADECUADA PARA PODER PROPORCIONAR BUENOS SERVICIOS EN EL FUTURO.

EN LA ACTUALIDAD LOS SERVICIOS URBANOS SON INEFICIENTES Y EN SU MAYORÍA PRESENTAN DÉFICITS. ESTO SE DEBE A QUE NO SE HAN LLEVADO A CABO LAS AMPLIACIONES, CON UN RITMO IGUAL AL DEL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y A LA FALTA DE UN CONTÍNUO MANTENIMIENTO.

II. CARACTERISTICAS GENERALES.

1. LOCALIZACION.

LA CIUDAD DE SALINA CRUZ SE ENCUENTRA LOCALIZADA AL SURESTE DEL ESTADO DE OAXACA, EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, EN EL OCEANO PACIFICO. ESTÁ UBICADA A LOS 16 GRADOS 09'37" LATITUD NORTE Y 95 GRADOS 12'11" LONGITUD OESTE. OCUPA UN PEQUEÑO VALLE QUE LIMITA AL PONIENTE CON EL CERRO DE LAS SALINAS Y AL ORIENTE CON EL CERRO DEL MORRO. (PLANO #1)

2. CLIMA.

DE ACUERDO AL SISTEMA KOPPEN MODIFICADO POR E. GARCÍA, EL CLIMA DE SALINA CRUZ PERTENECE A UN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO.

3. TEMPERATURA.

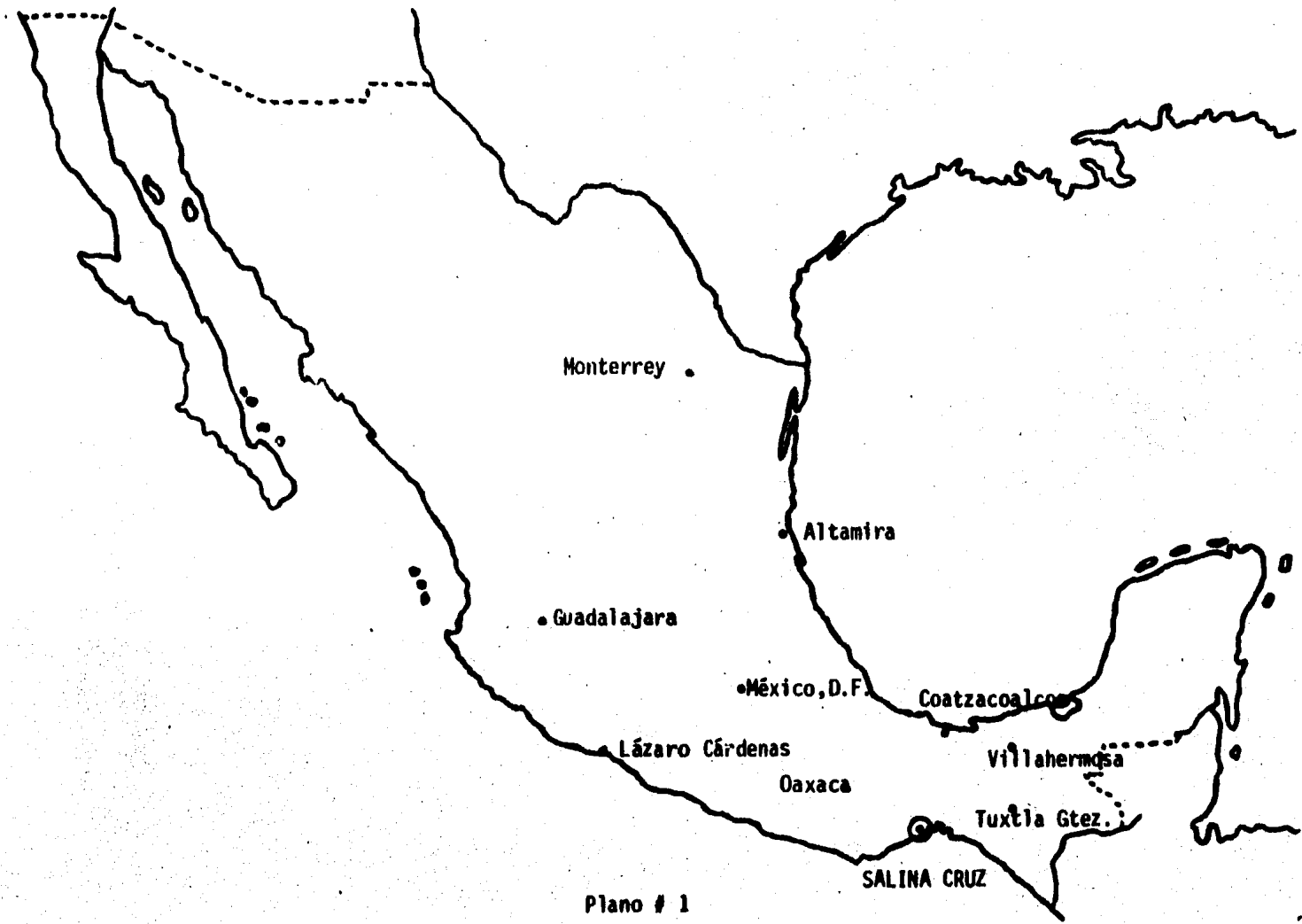
LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL ES DE 27.4 GRADOS C CON UNA MÁXIMA EXTREMA DE 40 GC EN MAYO, Y UNA MÍNIMA DE 11.3 GC EN FEBRERO. SE CONSIDERA UN CLIMA ISOTERMAL DEBIDO A QUE LA OSCILACIÓN DE LA TEMPERATURA ES MENOR DE 5 GC.

4. PRECIPITACION.

LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ES ALREDEDOR DE 1000 MM. LA TEMPORADA LLUVIOSA SE PRESENTA DE MAYO A OCTUBRE, Y LA SECA DE NOVIEMBRE A ABRIL. LAS LLUVIAS QUE SE PRESENTAN EN LA ZONA SE CARACTERIZAN POR SU CORTA DURACIÓN Y ALTA INTENSIDAD.

5. VIENTOS.

EN GENERAL EL PUERTO DE SALINA CRUZ ESTÁ AFECTADO POR VIENTOS SEPTENTRIONALES, LOS DE MAYOR FRECUENCIA DEL NORTE Y LOS DE MAYOR INTENSIDAD DEL NORTE Y NORESTE. LOS VIENTOS PROVENIENTES DEL SUR SE REGISTRAN DE FEBRERO A JUNIO.



Plano # 1

6. GEOLOGIA.

LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EXISTENTES SON EL PRODUCTO DEL ALTO FRACTURAMIENTO EN LA MAYORÍA DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS. LOS DETRITOS Y COMPLEJOS METAMÓRFICOS LOCALIZADOS AL NORTE, ESTE Y NORESTE DEL CERRO DEL MORRO Y EN EL CERRO DE LAS SALINAS, SON LOS QUE EN SU MAYORÍA PRESENTAN ALTO FRACTURAMIENTO, FORMANDO UNA TOPOGRAFÍA ABRUPTA, LA CUAL DETERMINA LA SUSCEPTIBILIDAD A DESPRENDIMIENTOS ROCOSOS Y POR ENDE A RIESGOS A LOS ASENTAMIENTOS. (FOTOS # 1, 2 Y 3)

7. TOPOGRAFIA.

EL ASIENTO ORIGINAL DE LA Cd. ES UN PEQUEÑO VALLE CASI PLANO, QUE SE ENCUENTRA COMPLETAMENTE RODEADO POR LOS CERROS DEL MORRO Y DE LAS SALINAS (LOS CUALES SE LEVANTAN ABRUPTAMENTE DESDE EL MAR, CON PENDIENTES MARCADAS, QUE EN MUCHOS SECTORES SON SUPERIORES AL 25 %) EXCEPTO POR EL SUR, DONDE ES BAÑADO POR LAS AGUAS DEL OCEANO PACÍFICO. (PLANO #2; FOTOS # 2 Y 3)

8. HIDRAULICA FLUVIAL.

EL PEQUEÑO VALLE DONDE SE ASIENTA LA Cd. RECIBE AGUA DE LOS ESCURRIMIENTOS DE LOS CERROS Y DEL PROPIO VALLE, QUE SE DRENA SOBRE LAS CALLES, DESCARGANDO ESTAS A SU VEZ, A UN CANAL NATURAL QUE CORRE PARALELO A LA VÍA FERREA Y A LA CARRETERA TRANSMICA; ESTE CANAL CONDUCE LAS AGUAS PLUVIALES A LA DÁRSENA DEL PUERTO. (FOTO #4)

9. OLEAJE Y MAREAS.

LA FRECUENCIA MEDIA DEL OLEAJE MÁXIMO SUPERA LOS 3.60M DE ALTURA. LAS MAREAS NO TIENEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS SALVO EN LOS PICOOS EXCEPCIONALES DE MAREA BAJA. LAS CORRIENTES Y EL OLEAJE DEL LITORAL PROVOCAN LOS MOVIMIENTOS DE ARENA EN EL FONDO QUE CAUSAN EL AZOLVAMIENTO DEL ANTEPUERTO Y DE LA DÁRSENA, POR LO



FOTO # 1



FOTO # 2



FOTO # 3

FOTO # 4



FOTO # 5



FOTO # 6



CUAL SE TIENE QUE ESTAR DRAGANDO CONSTANTEMENTE.

10. SISMICIDAD.

EL ÁREA SE LOCALIZA CERCANA A UNA FOSA SÍSMICA, LO QUE SIGNIFICA QUE LOS SÍSMOS SON FRECUENTES Y SUS FOCOS SE LOCALIZAN A PROFUNDIDADES MENORES DE 60 KM. LAS PERTURBACIONES MÁS IMPORTANTES HAN SIDO SUPERIORES AL 7 DE LA ESCALA DE RICHTER.

11. DEMOGRAFIA.

SE CONSIDERA QUE EL ÁREA URBANA DE SALINA CRUZ ESTÁ FORMADA POR LA CIUDAD EN SÍ Y POR ÁREAS EDIFICADAS O POBLACIONES CONTÍGUAS INTEGRADAS FÍSICA Y FUNCIONALMENTE A LA PRIMERA, CON ACCESIBILIDAD Y COMUNICACIONES DIRECTAS, QUE EN ESTE CASO SON LOS POBLADOS DE SALINAS DEL MARQUÉS, LA VENTOSA, SAN ANTONIO MONTERREY, SAN JOSÉ DEL PALMAR, BOCA DEL RÍO, Y LA SOLEDAD.

EL CRECIMIENTO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, DE 1976 EN ADELANTE, HA SIDO DESMEDIDO, SOBREPASANDO LAS TASAS DE CRECIMIENTO QUE SE VENIAN PRESENTANDO ENTRE 1950 Y 1970. ESTO SE DEBE A LA CONSTRUCCIÓN DE LA REFINERÍA "ANTONIO DOVAL JAIME" (ANTES REFINERÍA DEL PÁGIFICO) QUE HA REQUERIDO ALREDEDOR DE 11 500 OPERARIOS.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA EL CRECIMIENTO DE 1970 A 1980.

AÑO	HABITANTES
1970	23 108
1971	24 205
1972	25 335
1973	26 559
1974	27 820
1975	29 141
1976	34 969
1977	41 962
1978	50 354
1979	60 424
1980	72 500

LA POBLACIÓN PUEDE CONSIDERARSE JOVEN. EN 1970 EL 45 % DE LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO TENÍAN EDADES MENORES DE 15 AÑOS. LAS FAMILIAS ESTÁN CONSTITUIDAS EN PROMEDIO, POR 5 MIEMBROS.

LA CIUDAD SE DESARROLLÓ HASTA 1960 EN LA SUPERFICIE PLANA DEL VALLE. A PARTIR DE ESA FECHA (SOBRE TODO LA POBLACIÓN DE ESCASOS RECURSOS) LA POBLACIÓN INICIÓ SU UBICACIÓN EN LAS FALDAS DE LOS CERROS, CUBRIENDO PRIMERO LAS ZONAS BAJAS Y LLEGANDO A LA FECHA A ALTURAS SUPERIORES A LA COTA 70 M.S.N.M.

ESTAS ÁREAS POR LO GENERAL CARECEN DE SERVICIOS. LOS ACCESOS DE TRANSPORTE SON DIFÍCILES, EXISTIENDO SOLAMENTE BRECHAS PEATONALES, CON PENDIENTES SUPERIORES AL 20%, SIENDO LA URBANIZACIÓN MÁS COSTOSA. DESPUÉS DE 1965 LA CD. SE HA EXTENDIDO HACIA EL NORTE SOBRE LA CARRETERA Y EL FERROCARRIL, OCUPANDO UNA CONSIDERABLE EXTENSIÓN PLANA.

EN GENERAL, LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SE CARACTERIZA POR UNA EXCESIVA DISPERSIÓN, LO QUE DIFICULTA Y HACE MENOS ECONÓMICO LA DOTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS.

PROYECCIONES DE POBLACIÓN: ES PREVISIBLE QUE EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO SE VEA ACELERADO POR LOS SIGUIENTES PROYECTOS GENERADORES DE EMPLEO DIRECTO:

- SERVICIO MULTIMODAL TRANSÍSMICO.
- PUERTO PETROLERO.
- TERMINAL DE USOS MÚLTIPLES DEL PUERTO INDUSTRIAL.
- FERTIMEX.
- PARQUE INDUSTRIAL Y EMPRESAS DEL PUERTO INDUSTRIAL.
- AMPLIACIÓN DE LA REFINERÍA "ANTONIO DOVAL J."
- OBRAS DE INFRAESTRUCTURA.

PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN A FUTURO SE
SUPUSIERON 3 HIPÓTESIS DE CRECIMIENTO:

1. HIPÓTESIS BAJA. - LAS TASAS DE CRECIMIENTO A PARTIR
DE 1980 SERÁN LAS PREVISTAS POR CONAPO (CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN)
PARA EL ESTADO DE OAXACA, ABSORBIENDO EL PUERTO LAS MIGRACIONES PRO_
VENIENTES DEL INTERIOR DEL ESTADO.

2. HIPÓTESIS MEDIA. - CONSIDERA QUE HASTA EL AÑO 2000
LLEGA LA MITAD DE LOS EMPLEOS PREVISTOS EN LOS PROGRAMAS ACTUALES,
LO CUAL DETERMINA UNA TASA DE CRECIMIENTO DEL 6.31% ANUAL ENTRE 1980
Y EL AÑO 2000.

3. HIPÓTESIS ALTA. - CONSIDERA QUE SE REALIZAN TODAS
LAS INVERSIONES PREVISTAS SATURÁNDOSE LAS ÁREAS INDUSTRIALES, LO
CUAL GENERARÁ UNA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE 9.54% EN EL MISMO
PERÍODO. (GRÁFICA #1)



III. PROBLEMATICA GENERAL.

EL DESARROLLO ACTUAL DE LA Cd. DE SALINA CRUZ, SE HA DADO COMO UN PROCESO NO PLANIFICADO, ENFRENTANDO MÚLTIPLES PROBLEMAS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES, MANIFESTANDO DEFICIENCIAS EN LA DOTACIÓN DE SUELO, INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS URBANOS.

TODA LA CIUDAD PRESENTA PROBLEMAS DE CARENCIA O MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS EXISTENTES, LOS SISTEMAS ACTUALES SE ENCUENTRAN EN MAL ESTADO, EN PARTICULAR EL ALCANTARILLADO CON QUE CUENTA LA PARTE ANTIGUA DE LA CIUDAD, QUE SE ENCUENTRA POR COMPLETO AZOLVADO POR LOS DESLAVES DE LOS CERROS, EROSIONADOS POR LA OCUPACIÓN INCONTROLADA QUE HAN SUFRIDO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.

UNA PARTE IMPORTANTE DE LA POBLACIÓN HA CONSTRUIDO SUS VIVIENDAS EN LAS LADERAS DE LOS CERROS CAUSANDO SU DESFORESTACIÓN Y EROSIÓN, OCUPANDO ZONAS INADECUADAS PARA SU URBANIZACIÓN. ESTA OCUPACIÓN ES ADEMÁS ANÁRQUICA Y PREGARIA, LO QUE DIFICULTA LA DOTACIÓN DE SERVICIOS Y POR ENDE LAS CARENCIAS SE AGUDIZAN. (FOTO#2Y5)

NO OBSTANTE EL ESFUERZO REALIZADO PARA DOTAR DE INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS URBANOS A LA POBLACIÓN DE LA Cd., PERSISTEN DÉFICITS CONSIDERABLES EN LOS MISMOS, PARTICULARMENTE EN LAS ZONAS DONDE SE ASIENTAN LAS FAMILIAS DE MENORES INGRESOS.

EN ESE SENTIDO ES IMPORTANTE DESTACAR QUE A PESAR DE LAS ENORMES INVERSIONES QUE SE HAN HECHO EN EL PUERTO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, PRINCIPALMENTE POR PARTE DE PEMEX, DEL SERVICIO MULTIMODAL TRANSÍMICO Y LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO PETROLERO E INDUSTRIAL, LA CIUDAD PRÁCTICAMENTE NO HA RECIBIDO NINGÚN BENEFICIO DE ELLO. POR EL CONTRARIO, SE HA PRODUCIDO LA SOBRESATURACIÓN DE LOS SERVICIOS EXISTENTES, SIN HABERSE LLEVADO A CABO LAS AMPLIACIONES INDISPENSABLES

PARA SERVIR AL INCREMENTO DE POBLACIÓN GENERADO POR LAS INVERSIONES
REALIZADAS EN LA ZONA.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.

EN ÉPOCA DE LLUVIAS, LAS AGUAS PLUVIALES SON DRENADAS SOBRE LAS CALLES, LAS CUALES DESCARGAN A UN CANAL NATURAL QUE TIENE SU CAUCE PARALELO A LA VÍA FERREA Y A LA CARRETERA TRANSISMI- GA. ÉSTE CANAL NATURAL DESCARGA A SU VEZ, A LA DÁRSENA DEL PUERTO.

EL PROBLEMA DEL CANAL NATURAL, ES QUE ES PEQUEÑO E INSUFICIENTE PARA TODO EL GASTO DRENADO POR LAS CALLES; DEBIDO A ELLO SE DESBORDA CONTINUAMENTE AFECTANDO A LAS VIALIDADES ADYACENTES, OCASIONANDO INUNDACIONES EN ELLAS. EL ANCHO DEL CAUCE DEL CANAL ES VARIABLE EN TODA SU LONGITUD, EN ALGUNAS ZONAS HAY CONSTRUCCIONES SOBRE ÉL, CAUSANDO LOS ESTRECHAMIENTOS DE SU ANCHO. (FOTO #4 Y 6)

LOS ESCURRIMIENTOS TRAEN CONSIGO GRAN CANTIDAD DE MATERIALES SÓLIDOS Y DESPERDICIOS TALES COMO PIEDRAS, ARENA, BASURA Y DETRITOS ORGÁNICOS, PROVENIENTES DE LAS PARTES ALTAS DE LOS CERROS (FOTO #7 Y 8), EN DONDE SE ASIENTA ANÁRQUICA E INDISCRIMINADAMENTE GRAN PARTE DE LA POBLACIÓN, QUE NO CUENTA CON CALLES BIEN TRAZADAS Y SIN PAVIMENTAR, CON ALCANTARILLADO SANITARIO, ETC.

CUANDO LOS ESCURRIMIENTOS PASAN POR LAS ZONAS DONDE LA PENDIENTE DISMINUYE, PIERDE VELOCIDAD Y POR CONSIGUIENTE FUERZA DE ARRASTRE, DEPOSITANDO ASÍ LOS MATERIALES Y DESPERDICIOS EN LAS CALLES QUE COLINDAN CON LAS LADERAS DE LOS CERROS EN EL ÁREA URBANA.

ESTAS CONDICIONES PROVOCAN PROBLEMAS SANITARIOS, MALOS OLORES, OBSTRUCCIÓN DE VIALIDADES, CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y DA A LA CIUDAD UN ASPECTO SUCIO Y DESAGRADABLE.



FOTO # 7



FOTO # 8



FOTO # 9

EL CONTINUO DESAZOLVE DE LOS DESPERDICIOS Y MATERIALES DEPOSITADOS EN LAS CALLES Y EN EL ALCANTARILLADO SANITARIO CAUSAN GRANDES EROGACIONES AL MUNICIPIO. EL SERVICIO DE LIMPIA ES INSUFICIENTE DEBIDO A LA EXTENSIÓN URBANA Y A LA GRAN CANTIDAD DE ARENA Y GRAVA DISPERSA POR TODA LA CIUDAD.

LOS FUERTES VIENTOS QUE SE REGISTRAN EN LA ZONA, TRANSPORTAN EL POLVO Y LOS DETRITOS ORGÁNICOS, OCACIONANDO CON ELLO TOLVANERAS QUE PONEN EN PELÍGRO LA SALUD DE LOS HABITANTES.

LA CIUDAD CUENTA CON UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL QUE DATA DE PRINCIPIOS DE SIGLO, EL CUAL CONSISTE EN UNA SERIE DE CANALES DE MAMPOSTERÍA, A LOS CUALES PENETRA EL AGUA ATRAVÉZ DE COLADERAS PLUVIALES FORMADAS POR RIELES DE FIERRO SITUADOS EN LOS CRUCES DE LAS CALLES. ESTA SERIE DE CANALES SE ENCUENTRA POR COMPLETO AZOLVADOS PRINCIPALMENTE POR LOS DESLAVES DE LOS CERROS.

ALGUNOS CANALES SE ENCUENTRAN OBSTRUIDOS POR LA INADECUADA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES, ASÍ COMO DE INSTALACIONES TELEFÓNICAS Y DE LUZ, INVASIÓN DE VIVIENDAS, ÁRBOLES, ETC.

TODO ESTE DETERIORO HACE QUE EL SISTEMA SEA INEFICIENTE, INSUFICIENTE Y OBSOLETO PARA TODA EL ÁREA URBANA.

(FOTO # 9,10,11,12,13,14,15)

FOTO # 10



FOTO # 11

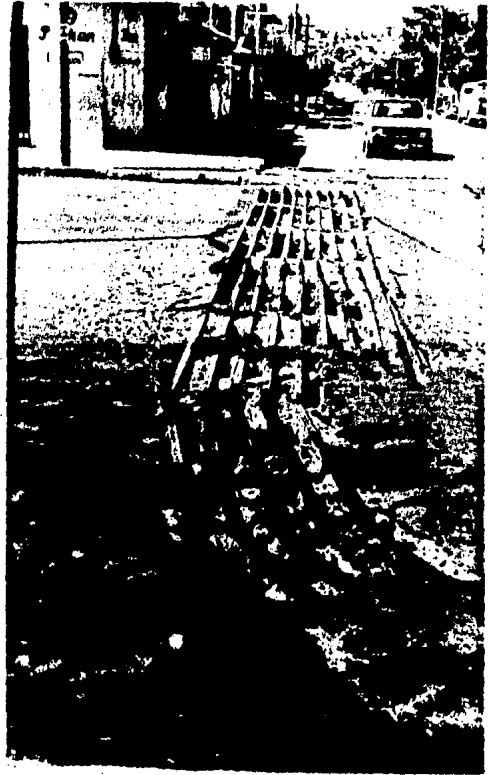


FOTO # 12

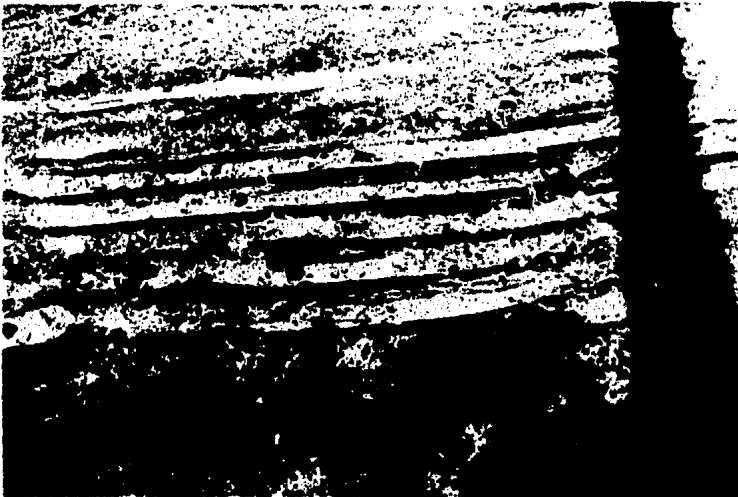
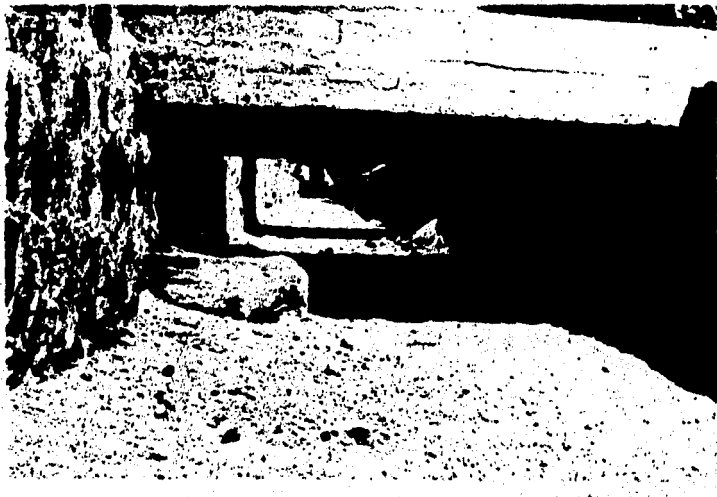


FOTO # 13

FOTO # 14



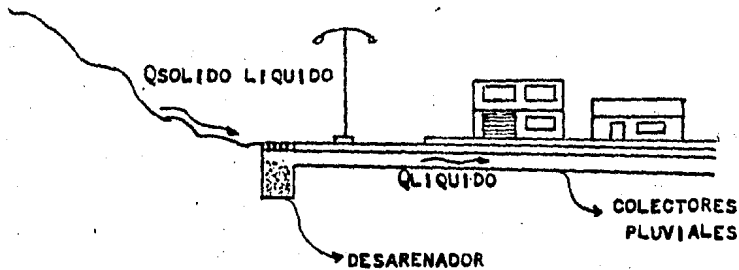
FOTO # 15



V. DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.

LA PRIMERA PARTE DE ESTE CAPÍTULO, CONSISTIRÁ EN DIMENSIONAR LAS OBRAS DE RETENCIÓN DEL MATERIAL TRANSPORTADO POR EL AGUA DE LLUVIA (DESARENADORES). LA FUNCIÓN PRINCIPAL DE ELLOS, SERÁ EL RETENER EL MATERIAL SÓLIDO TRANSPORTADO, ANTES DE QUE ÉSTE PENE_ TRE A LA CIUDAD. ESTO FACILITARÁ LAS OBRAS DE LIMPIEZA YA QUE EL MA_ TERIAL, ESTARÁ CONCENTRADO EN PUNTOS ESPECÍFICOS.

LOS DESARENADORES FUNCIONARÁN TAMBIÉN COMO ENTRA_ DA DE LOS DRENES PLUVIALES DE TORMENTA. (VER CORTE ESQUEMÁTICO FIG.1)



(FIGURA # 1).

SE ELIGIÓ LA CONSTRUCCIÓN DE 9 DESARENADORES PARA LA PROTECCIÓN DE LA CIUDAD; A CADA UNO DE ELLOS LE CORRESPONDERÁ UN ÁREA POR DRENAR.

LAS SUBCUENCAS ESTAN LOCALIZADAS EN LOS LUGARES MÁS PROPENSOS A LA EROSIÓN DE LOS CERROS, EN DONDE EL TRANSPORTE DE AZOLVES SE AGUDIZA. (PLANO #2)

PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS DESARENADORES ES NECESARIO DETERMINAR EL GASTO MÁXIMO, ASÍ COMO EL VOLÚMEN DE LLUVIA ESCURRIDO EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

EL VOLÚMEN DE LLUVIA ESCURRIDO TRAERÁ CONSIGO UNA FRACCIÓN DE VOLÚMEN DE SÓLIDO TRANSPORTADO; ESTA FRACCIÓN SE DETERMINÓ CON MEDICIONES HECHAS EN EL LUGAR.

EL VOLÚMEN DE SÓLIDOS SERÁ DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL ÁREA Y A LA PENDIENTE MEDIA DE CADA SUBCUENCA. UNA VEZ OBTENIDO EL VOLÚMEN DE SÓLIDOS, SE PROCEDERÁ A DIMENSIONAR LOS DESARENADORES CON EL VOLÚMEN ANTERIOR.

PARA CALCULAR EL VOLÚMEN DE LLUVIA, ES NECESARIO DETERMINAR EL GASTO MÁXIMO, Y EL HIDROGRAMA CORRESPONDIENTE A LA AVENIDA.

EL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO SERÁ ASOCIADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS.

LA SEGUNDA PARTE DE ESTE CAPÍTULO CONSISTIRÁ EN EL TRAZO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES; LOS CUALES SERVIRÁN PARA ELIMINAR EL EXCESO DE AGUA PLUVIAL DE LA CIUDAD.

V.1. ANALISIS DE GASTOS.

EL ANÁLISIS QUE DETERMINARÁ LOS GASTOS MÁXIMOS PARA CADA ÁREA DE SUBCUENCA, SERÁ MEDIANTE EL MÉTODO PROPUESTO POR EL DR. VEN T. CHOW.

PARA APLICAR EL MÉTODO DE CHOW SE REQUIEREN LOS SIGUIENTES DATOS:

V.1.1.-DATOS FISIOGRAFICOS.

- ÁREA DE LA CUENCA.
- LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.
- PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.
- TIPO DE SUELO EN LA CUENCA.
- USO DEL SUELO EN LA CUENCA.

V.1.2.-DATOS CLIMATOLÓGICOS.

-CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO, PARA LA ESTACIÓN BASE DE LA ZONA EN ESTUDIO.

-FORMA DE LIGAR LA ESTACIÓN BASE CON LA CUENCA EN ESTUDIO.

V.1.1.- DATOS FISIGRÁFICOS.

-ÁREA DE LAS SUBCUENCAS.-SE ESCOGIERÓN 9 SUBCUENCAS EN DONDE, COMO YA SE DIJO, EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE DE AZOLVES SE AGUDIZA. LAS 9 SUBCUENCAS SE ENCUENTRAN DENTRO DEL ÁREA QUE LIMITA, AL PEQUEÑO VALLE EN DONDE SE ASIENTA LA CD. COMO SE PUEDE VER EN EL PLANO # 2.

-PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.-SE DETERMINÓ MIDIENDO LA DIFERENCIA DE ORDENADAS (DE LA PARTE MÁS ALTA DEL CAUCE A LA MÁS BAJA) ENTRE LA LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$Sc = \frac{H}{L}$$

DONDE H: DIFERENCIA DE ORDENADAS DEL CAUCE (M).

L: LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.

Sc: PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL.

-LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.-SE OBTUVO MIDIENDO DIRECTAMENTE SOBRE EL PLANO TOPOGRÁFICO, (PLANO #2)

-PENDIENTE MEDIA DE LAS SUBCUENCAS.-FUERON DETERMINADAS USANDO EL CRITERIO DE ALVORD:

$$Sm = \frac{D \times L}{A}$$

DONDE D: DESNIVEL ENTRE CURVAS DE NIVEL (D = 10M).

L: LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE CADA SUBCUENCA (M).

A: ÁREA DE LA CUENCA (M²).

Sm: PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.

TODOS LOS DATOS FISIGRÁFICOS DE LAS 9 SUBCUENCAS, QUEDAN RESUMIDOS EN LA SIGUIENTE TABLA. (TABLA # 1)

TABLA # 1

CUENCA #	AREA A(KM)	PENDIENTE DEL CAUCE Sc(%)	LONGITUD DEL CAUCE L(M)	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA Sm(%)
1	0.1304	11.81	440	29.52
2	0.1208	14.90	510	30.39
3	0.1471	12.11	520	25.58
4	0.0625	18.97	390	26.24
5	0.0763	22.89	330	30.53
6	0.0542	26.25	400	29.61
7	0.0650	15.27	360	19.07
8	0.0742	28.30	290	25.17
9	0.0692	22.56	390	32.58

-TIPO DE SUELO.-EL SUELO QUE SE ENCUENTRA EN TODAS Y CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS ES DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO. EXISTE UN HORIZONTE POCO PROFUNDO COMPUESTO POR ARENAS Y GRAVAS, SIENDO ESTAS EL PRODUCTO DE LA DESINTEGRACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS QUE A VEZ FORMAN UN SUBHORIZONTE CASI IMPERMEABLE.

CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTES DESCRITAS Y APOYANDONOS EN LA TABLA #2, CORRESPONDEN LAS CONDICIONES A UN SUELO TIPO D.

-USO DEL SUELO.-SEGÚN LA CLASIFICACIÓN QUE TENEMOS EN LA TABLA #3, PERTENECE A BOSQUES NATURALES.

CON ESTOS DOS PARÁMETROS (TIPO Y USO DEL SUELO) DETERMINAMOS EL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO "N" QUE ES 91.

EN LA FIGURA #2 SE MUESTRA UN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO REALIZADO A UNA MUESTRA DE MATERIAL TOMADA "IN SITU", Y SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DEL SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) ES UN SUELO SW, O SEA, UNA ARENA BIEN GRADUADA CON POCAS PARTÍCULAS FINAS.

TABLA # 2. TIPO DE SUELO.

Tipo A. (Esguerrimiento mínimo). Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias, y mezcla de ambas.

Tipo B. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.

Tipo C. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.

Tipo D. (Esguerrimiento máximo). Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

TABLA # 3. NÚMERO DE ESGUERRIMIENTO "N".

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

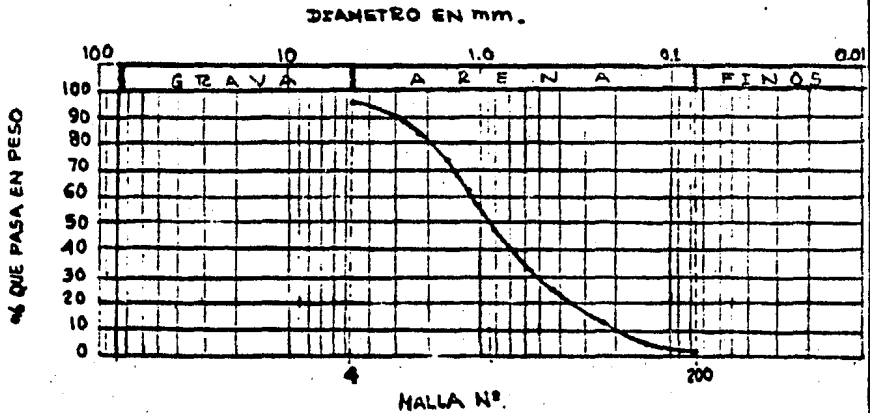
U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA.

GRANULOMETRIA POR MALLAS.

OBRA: ALCANTARILLADO PLUVIAL
 LOCALIZACION: SALINA CRUZ, OAX.
 DESCRIPCION: AZOLVE

MALLA No	ABERTURA	TARA	TARA+SUELLO RETENIDO	PESO SUELLO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
—	mm	gr.	gr	gr	%	%	%
4	4.699	379	446	67	4.57	4.57	95.43
8	2.362	399	577	188	12.81	17.38	82.62
10	1.651	363	502	139	9.47	26.85	73.15
14	1.168	348	526	178	12.13	38.98	61.02
16	1.022	401	440	39	2.66	41.64	58.36
20	0.833	342	497	155	10.57	52.21	47.79
40	0.420	482	798	316	21.54	73.75	26.25
60	0.246	362	565	203	12.84	87.59	12.41
100	0.147	421	520	99	6.75	94.34	5.66
200	0.074	397	452	55	3.75	98.09	1.91
PASA 200	—	333	361	28	1.91	100.00	—



$$D_{10} = 73.15$$

$$D_{30} = 33.00$$

$$D_{60} = 12.41$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{12.41}{73.15} = 0.17$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.20$$

$$P_{20} = 0.00 \%$$

$$G = 4.57 \%$$

$$S = 93.52 \%$$

$$F = 1.91 \%$$

CLASIFICACION SUCS: Arena bien graduada (SW)

FIGURA 2

V.1.2.- DATOS CLIMATOLÓGICOS.

PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADOS PLUVIALES ES NECESARIO INVESTIGAR LA FORMA DE OCURRENCIA DE LAS LLUVIAS. EL DATO DE ALTURA TOTAL LLOVIDA NO ES IMPORTANTE SI NO SE RELACIONA CON SU INTEGRACIÓN AL TIEMPO.

LA ZONA EN ESTUDIO SOLO CUENTA CON UN PLUVIÓMETRO QUE REGISTRA LA ALTURA DE LLUVIA SIN PRECISAR CON QUE INTENSIDAD SE PRESENTÓ, POR LO QUE HUBO QUE REALIZAR UN ANÁLISIS DE LAS CUENCAS CERCANAS QUE CONTARAN CON PLUVIÓGRAFO.

SE ESCOGIÓ LA ESTACIÓN PLUVIOGRÁFICA DE TEQUISISTLÁN (SOBRE EL RIO DEL MISMO NOMBRE) QUE SE ENCUENTRA A 40 KM DE LA ZONA EN ESTUDIO.

-CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO
($i-d-T$).

LA ESTACIÓN CUENTA CON 9 AÑOS DE REGISTRO DE INTENSIDADES DE LLUVIA, CON LAS QUE SE DETERMINARÁN LAS CURVAS DE INTENSIDAD DE LLUVIA CONTRA DURACIONES, PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO.

ESTAS CURVAS SERÁN ANALIZADAS POR 2 MÉTODOS:

- A) MÉTODO DE INTERPRETACIÓN ANALÍTICA.
- B) MÉTODO PROBABILÍSTICO.

ESTE TIPO DE ANÁLISIS PERMITIRÁ EXTRAPOLAR TORNAMENTAS PARA UN PERÍODO DE RETORNO DESEADO, SIENDO EN ESTE CASO T DE 10 AÑOS.

A) MÉTODO DE INTERPRETACIÓN ANALÍTICA.

LAS CURVAS PUEDEN SER EXPRESADAS MATEMÁTICAMENTE EN ECUACIONES QUE GENERALICEN A TODA LA FAMILIA DE CURVAS, ES DECIR, INTERRELACIONANDO INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO.

EL AJUSTE DE LAS CURVAS SE OBTUVO CON LA ECUACION DE LA FORMA:

$$i = \frac{KT^h}{d^n}$$

EN DONDE i : INTENSIDAD DE LLUVIA (MM/HR).

d : DURACION DE LLUVIA (MIN).

T : PERIODO DE RETORNO (AÑOS).

K, h, n : SON COEFICIENTES Y EXPONENTES REGIONALES.

EL AJUSTE DE LA ECUACION ANTERIOR SE HIZO POR MÍNIMOS CUADRADOS (CORRELACION MÚLTIPLE), EN DONDE SE RESUELVE UN SISTEMA DE ECUACIONES CON 3 INCOGNITAS, QUE SERIAN LOS COEFICIENTES REGIONALES.

ECUACION DE AJUSTE:
$$i = \frac{KT^h}{d^n} \dots\dots(1)$$

TOMANDO LOGARITMOS DE (1):
$$\log i = \log K + h \log T - n \log d \dots\dots(2)$$

HACIENDO LOS SIGUIENTES CAMBIOS DE VARIABLES, Y SUSTITUYENDO EN (2):

$$\begin{aligned} y &= \log i & a_0 &= \log K \\ x_1 &= \log T & a_1 &= h \\ x_2 &= \log d & a_2 &= -n \end{aligned}$$

NOS QUEDA:
$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \dots\dots(3)$$

EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS POSTULA QUE: $\sum(\text{ERROR})^2 = \text{MÍNIMO}$

DE (3):
$$\text{ERROR} = (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - y) \dots\dots(4)$$

APLICANDO EL POSTULADO A (4):
$$\sum(a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - y)^2 = \text{min} \dots\dots(5)$$

DERIVANDO A (5) PARCIALMENTE CON RESPECTO A LAS INCOGNITAS

E IGUALANDO CON CERO TENEMOS:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum e^2}{\partial a_0} &= 2 \sum (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - y)(1) = 0 \\ \frac{\partial \sum e^2}{\partial a_1} &= 2 \sum (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - y)(x_1) = 0 \\ \frac{\partial \sum e^2}{\partial a_2} &= 2 \sum (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - y)(x_2) = 0 \end{aligned}$$

HACIENDO SIMPLIFICACIONES:

$$\begin{aligned} \sum a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 &= \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 &= \sum x_1 y \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 &= \sum x_2 y \end{aligned}$$

HACIENDO EL ARREGLO EN FORMA MATRICIAL:

$$\begin{pmatrix} N & \Sigma X_1 & \Sigma X_2 \\ \Sigma X_1 & \Sigma X_1^2 & \Sigma X_1 X_2 \\ \Sigma X_2 & \Sigma X_1 X_2 & \Sigma X_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma Y \\ \Sigma X_1 Y \\ \Sigma X_2 Y \end{pmatrix} \dots (6)$$

LA OBTENCIÓN DE CADA UNA DE LAS SUMATORIAS DE LA MATRIZ(6) Y DEL TÉRMINO INDEPENDIENTE, SE SE REALIZÓ CON EL SIGUIENTE ARREGLO DE DATOS:

EL CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES A PARTIR DE LOS PLUVIOGRAMAS(REGISTRO GRÁFICO DE LAS INTENSIDADES DE LLUVIA) FUE REALIZADO POR LA COMPUTADORA DE LA S.A.R.H. TOMANDO INTERVALOS DE DURACIÓN DE 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100, Y 120 MINUTOS. UNA VEZ AGRUPADAS LAS INTENSIDADES DE ACUERDO AL INTERVALO DE DURACIÓN DESCRITO ANTERIORMENTE, SE ORDENARON LAS MISMAS EN FORMA DECRECIENTE Y SE LES ASIGNO UN NÚMERO DE ORDEN m . A CONTINUACIÓN SE CALCULÓ EL PERIODO DE RETORNO " T " PARA CADA INTENSIDAD, DE ACUERDO AL CRITERIO DE EXCEDENTES ANUALES, EL CUAL NOS DICE QUE T ES IGUAL A:

$$T = \frac{n}{m}$$

SIENDO T : PERIODO DE RETORNO (AÑOS).

n : NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO.

m : NÚMERO DE ORDEN.

HAY QUE HACER NOTAR QUE POR ESTE CRITERIO SE ESCOGEN LAS 9 INTENSIDADES MÁXIMAS PARA CADA INTERVALO DE DURACIÓN, NO IMPORTANDO QUE 2 Ó MAS DE ELLAS HAYAN OCURRIDO EL MISMO AÑO DE REGISTRO.

TODAS LAS SUMATORIAS DE LA MATRIZ ES DESDE QUE $i = 1$ HASTA 90, YA QUE SON 90 PUNTOS (9 AÑOS DE REGISTRO POR 10 INTERVALOS DE DURACIÓN), CADA PUNTO CON 3 VARIABLES i, d, T ; POR TANTO $N = 90$.

EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRA EL ARREGLO DE

LOS DATOS.

TABLA # 4

m	T = $\frac{A}{m}$	DURACIÓN d (MIN)									
		5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1	9.00	132.0	96.0	82.0	75.0	66.4	60.7	49.3	40.1	32.7	27.8
2	4.50	130.8	93.0	80.0	72.0	59.2	48.8	37.6	30.6	31.2	27.3
3	3.00	128.4	88.2	75.2	70.2	58.7	41.5	31.5	26.9	25.2	23.7
4	2.25	125.0	82.8	70.0	61.0	52.0	41.2	31.3	24.9	21.6	22.9
5	1.80	111.6	78.0	67.6	60.0	43.0	40.7	31.2	24.6	21.5	20.0
6	1.50	106.8	71.4	59.6	57.0	41.6	38.0	30.9	24.1	21.2	20.0
7	1.25	103.2	70.9	57.0	55.5	41.0	33.0	29.0	24.0	20.2	18.5
8	1.12	102.0	70.3	54.8	53.7	40.0	30.0	28.0	23.7	20.1	16.9
9	1.00	102.0	66.9	54.8	53.1	39.7	29.3	25.2	23.4	19.6	16.6

λ : MM/HR T: AÑOS d: MINUTOS

OBTENIENDO LAS SUMATORIAS CON LOS DATOS ANTERIO-

RES, Y SUSTITUYENDO EN LA MATRIZ (6), NOS QUEDA:

$$\begin{bmatrix} 90.00 & 30.24 & 135.60 \\ 30.24 & 17.99 & 45.57 \\ 135.60 & 45.57 & 221.27 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 148.25 \\ 51.61 \\ 214.33 \end{bmatrix}$$

RESOLVIENDO EL SISTEMA DE ECUACIONES TENEMOS QUE: $a_0 = 2.3736$

$$a_1 = 0.2284$$

$$a_2 = -0.5329$$

HACIENDO EL CAMBIO DE VARIABLES Y DESPEJANDO A LAS CONSTANTES Y EX-

ponentes REGIONALES TENEMOS:

$$a_0 = \log K \implies K = 236.3779$$

$$a_1 = h \implies h = 0.2284$$

$$a_2 = -n \implies n = 0.5329$$

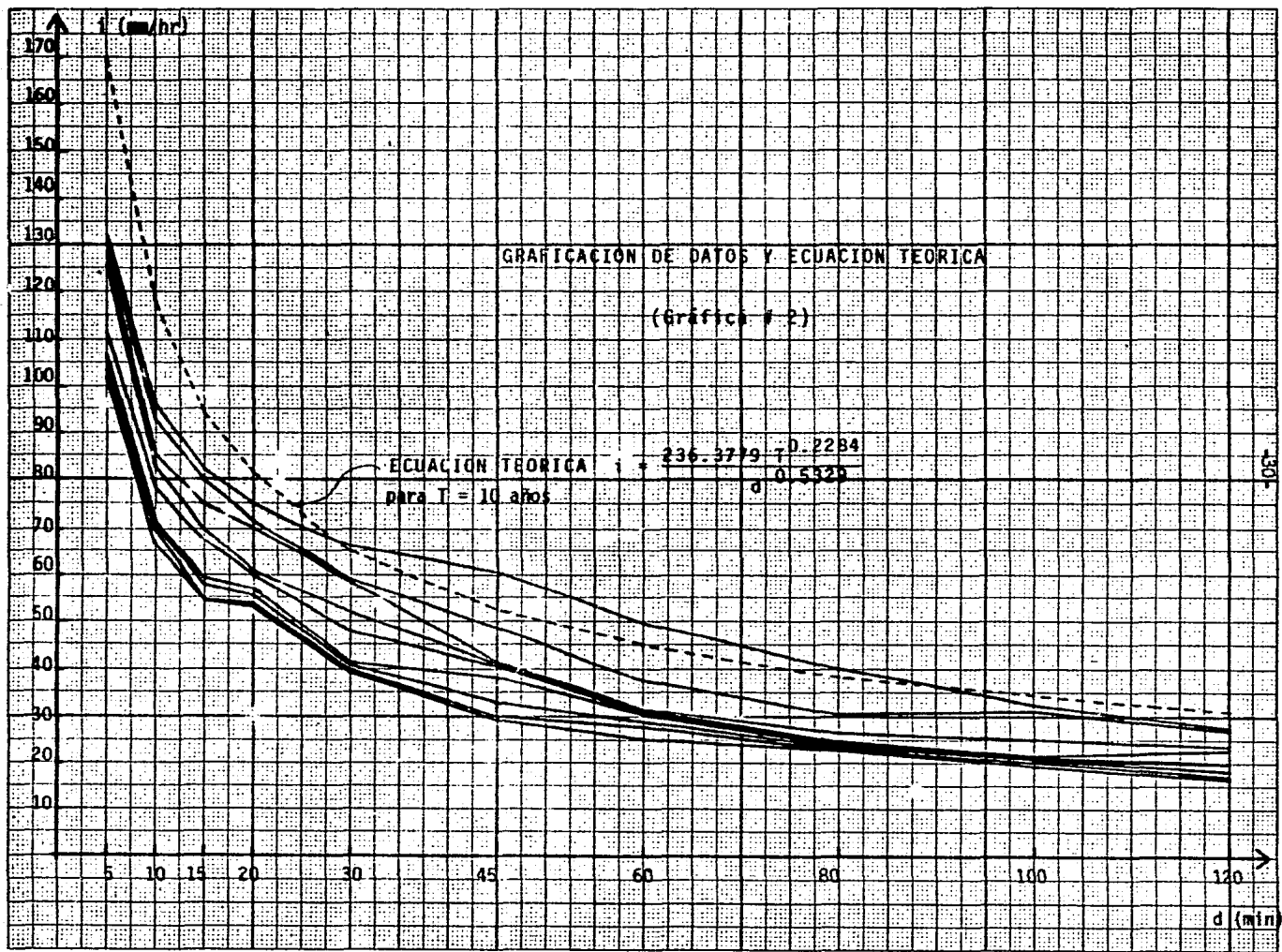
SUSTITUYENDO LOS VALORES ANTERIORES EN LA ECUACIÓN DE AJUSTE(1) NOS

QUEDA LA ECUACIÓN AJUSTADA ASÍ:

$$\lambda = \frac{236.3779 T^{0.2284}}{d^{0.5329}} \dots (7)$$

EN LA GRAFICA # 2 SE COMPARA LA GRAFICACIÓN DE

LAS INTENSIDADES MEDIDAS CON LA ECUACIÓN TEÓRICA DE AJUSTE(7).



UNA VEZ ENCONTRADA LA ECUACIÓN DE AJUSTE, VEREMOS SI HAY BUENA CORRELACIÓN ENTRE ÉSTA Y LOS PUNTOS GRAFICADOS.

PARA ELLO USAREMOS LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR. LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR ES UN PARÁMETRO ESTADÍSTICO QUE NOS SIRVE PARA CONOCER QUE TAN DISPERSOS ESTÁN LOS VALORES DE LA MUESTRA RESPECTO A SU MEDIA Y SE EXPRESA COMO:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots(8)$$

PERO EN NUESTRO CASO EL ERROR SE DEFINE COMO:

$$e = y - (a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2) \dots\dots(4)$$

SE PUEDE DEMOSTRAR, QUE A PARTIR DE LAS 2 ECUACIONES ANTERIORES (3) Y (4), LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR ES:

$$S_e = \sqrt{\sum y^2 - S_n^2} \dots\dots(9)$$

EN DONDE:

$$S_n = a_0 \sum y + a_1 \sum X_1 y + a_2 \sum X_2 y \dots\dots(10)$$

REALIZANDO LAS SUMATORIAS INDICADAS POR LAS ECUACIONES (10) Y (9), HACIENDO USO DE LA TABLA # 4 TENEMOS QUE:

$$S_n^2 = 2.373606939(148.2584787) + 0.2284477537(51.6117437) + (-0.5329999724)(214.3364135)$$

$$S_n^2 = 249.4566282$$

$$S_e = \sqrt{249.5484167 - 249.4566282}$$

$$S_e = 0.30294 \quad \text{DESVIACIÓN ESTÁNDAR}$$

$$S_e^2 = 0.0917785 \quad \text{VARIANCIA DEL ERROR}$$

VEMOS QUE LA VARIANCIA DEL ERROR TIENDE A CERO, POR LO TANTO HAY BUENA CORRELACIÓN ENTRE LA CURVA TEÓRICA Y LOS PUNTOS GRAFICADOS.

EXISTE OTRO CRITERIO PARA CALCULAR LA ECUACIÓN DE AJUSTE, QUE ES EL DE MÁXIMOS ANUALES Y CUYO PROCEDIMIENTO ES ANÁLICO AL ANTERIOR; LO ÚNICO QUE VARÍA ES EN EL ARREGLO DE LOS DATOS (INTENSIDADES) Y EN LA FORMA DE OBTENER EL PERIODO DE RETORNO, LA

CUAL ES: $T = \frac{n+1}{m}$

T: PERIODO DE RETORNO (AÑOS).

n: NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO.

m: NÚMERO DE ORDEN.

EL ARREGLO DE LOS DATOS ES EL SIGUIENTE:

TABLA # 5

m	T = $\frac{n+1}{m}$	DURACIÓN d (MIN)									
		5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1	10.00	132.0	96.0	82.0	75.0	66.4	60.7	49.8	40.1	32.7	27.8
2	5.00	128.4	85.2	75.2	70.2	59.2	48.8	37.6	30.6	31.2	27.3
3	3.33	126.0	82.8	70.0	61.0	52.0	41.5	31.5	24.9	21.6	20.0
4	2.50	106.8	78.0	67.6	60.0	48.0	38.0	31.3	24.6	21.2	20.0
5	2.00	103.2	71.4	59.6	57.0	40.0	33.3	29.0	24.0	20.2	18.5
6	1.67	102.0	70.9	56.0	53.7	39.0	23.3	24.0	23.7	20.1	16.9
7	1.42	100.8	60.0	54.8	44.7	38.5	27.9	22.0	16.7	15.7	15.1
8	1.25	80.4	60.0	52.0	42.8	32.1	24.7	20.0	16.1	14.3	12.1
9	1.11	78.0	58.5	51.0	41.2	30.6	23.4	18.5	15.4	13.3	11.1

λ: MM/HR T: AÑOS d: MINUTOS

EN ESTE CRITERIO SE ESCOGEN LAS 9 INTENSIDADES

MÁXIMAS DE CADA UNO DE LOS AÑOS DE REGISTRO Y PARA CADA INTERVALO DE DURACIÓN PROPUESTO; NO IMPORTANDO SI EN UN MISMO AÑO DE REGISTRO HAYA UN SEGUNDO MÁXIMO.

REALIZANDO LAS SUMATORIAS PROPUESTAS POR LA MATRIZ (G), Y CON AYUDA DE LA TABLA ANTERIOR (TABLA .5) TENEMOS:

$$\begin{bmatrix} 90.00 & 34.37 & 135.60 \\ 34.37 & 20.94 & 51.79 \\ 135.60 & 51.79 & 221.27 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 143.63 \\ 57.57 \\ 206.99 \end{Bmatrix}$$

RESOLVIENDO EL SISTEMA DE ECUACIONES, HACIEN-

DO LOS CAMBIOS DE VARIABLES Y DESPEJANDO LAS INCOGNITAS TENEMOS:

$$\begin{aligned} a_0 = 2.3076 & \quad a_0 = \log K & \Rightarrow & \quad K = 203.0799 \\ a_1 = 0.3448 & \quad a_1 = h & \Rightarrow & \quad h = 0.3448 \\ a_2 = -0.5594 & \quad a_2 = -n & \Rightarrow & \quad n = 0.5594 \end{aligned}$$

LA ECUACIÓN AJUSTADA POR EL CRITERIO DE MÁXIMOS

ANUALES ES:

$$i = \frac{203.0799 T^{0.3148}}{J^{0.5594}} \dots (11)$$

EN LA GRÁFICA # 3 SE PUEDEN OBSERVAR LAS 2

CURVAS TEÓRICAS DE AJUSTE Y VEMOS QUE DE LOS 60 MIN EN ADELANTE LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES SON CASI LOS MISMOS.

DEL MISMO MODO QUE EN EL CRITERIO ANTERIOR, TE

NEMOS QUE LA VARIANCIA DEL ERROR ES:

$$S_e^2 = \sum y^2 - S_n^2$$

$$S_n^2 = a_0 \sum y + a_1 \sum x_1 y + a_2 \sum x_2 y$$

$$S_e^2 = 235.8188594 - 235.628519$$

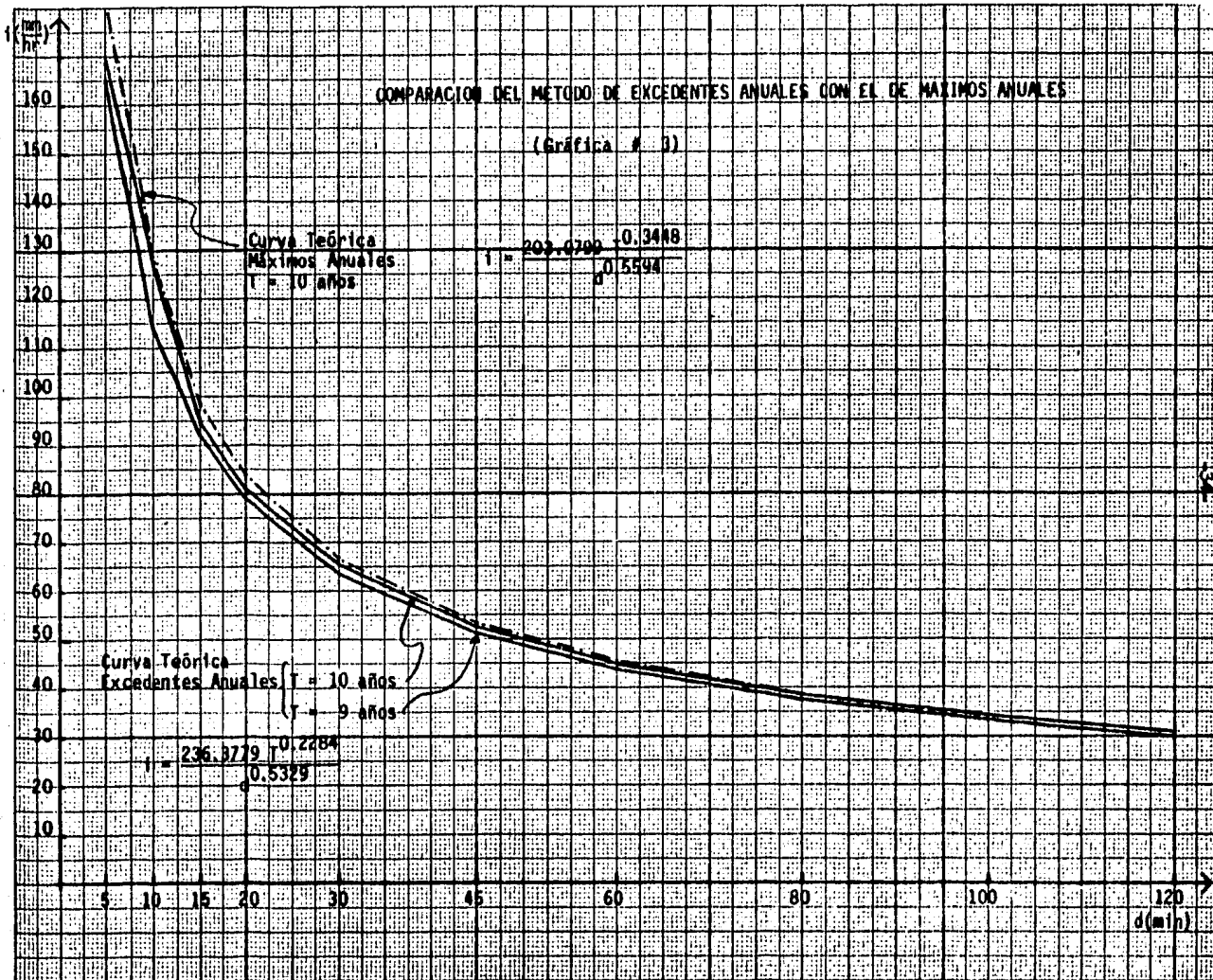
$$S_e^2 = 0.1903404 \quad \text{VARIANCIA DEL ERROR}$$

$$S_e = 0.43628 \quad \text{DESVIACIÓN ESTANDAR DEL ERROR}$$

COMPARANDO LAS VARIANCIAS DE LOS ERRORES, VEMOS

QUE EL CRITERIO QUE MEJOR SE AJUSTA A LOS PUNTOS GRAFICADOS, ES EL DE EXCEDENTES ANUALES, DEBIDO A QUE SU VARIANCIA TIENDE MÁS A CERO

$$(S_e^2 = 0.09177 < S_e^2 = 0.19034).$$



B) MÉTODO PROBABILÍSTICO.

EN LA APLICACIÓN DE ESTE MÉTODO PARA OBTENER LA RELACIÓN INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO, SE APLICA EL CRITERIO DE MÁXIMOS ANUALES PARA EL ARREGLO DE LOS DATOS (AUNQUE NO SE APLICA EN EL CÁLCULO DE T), EN EL CUAL SE DESPRECIAN TODOS, EXCEPTO LOS MAYORES AGUACEROS OCURRIDOS EN EL PERÍODO DE TIEMPO ADOPTADO PARA EL ESTUDIO, QUE EN ESTE CASO ES EN AÑOS; ESTO ES, ÚNICAMENTE SE ESCOGERÁ LA MÁXIMA INTENSIDAD PARA CADA AÑO DE REGISTRO Y PARA CADA INTERVALO DE DURACIÓN, DESPRECIÁNDOSE CUALQUIER MÁXIMA SECUNDARIA PARA UN MISMO AÑO.

EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRA EL ARREGLO DE LAS MÁXIMAS INTENSIDADES DE LLUVIA EN 9 AÑOS DE REGISTRO DE LA ESTACIÓN DE TEQUISISTLÁN.

TABLA # 6

m	T	P %	P %	DURACIÓN d (MIN)									
				5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1	9.00	11.1	5.5	132.0	96.0	82.0	75.0	66.4	60.7	49.8	40.1	32.7	27.3
2	4.50	22.2	16.7	128.4	85.2	75.2	70.2	59.2	48.8	37.6	30.8	31.2	27.3
3	3.00	33.3	27.8	126.0	82.8	70.0	61.0	52.0	41.5	31.5	24.9	21.6	20.0
4	2.25	44.4	38.8	106.8	78.0	67.6	60.0	48.0	38.0	31.3	24.6	21.2	20.0
5	1.80	55.5	50.0	103.2	71.4	59.6	57.0	40.0	33.3	29.0	24.0	20.2	18.5
6	1.50	66.6	61.1	102.0	70.9	56.0	53.7	39.0	29.3	24.0	23.7	20.1	18.9
7	1.28	77.7	72.2	100.8	60.0	54.8	44.7	38.5	27.9	22.0	18.7	15.7	15.1
8	1.12	88.8	83.3	80.4	60.0	52.0	42.8	32.1	24.7	20.0	18.1	14.3	12.1
9	1.00	100.0	94.4	78.0	58.5	51.0	41.2	30.8	23.4	18.5	15.4	13.3	11.1

EN DONDE λ : INTENSIDAD DE LLUVIA (MM/HR).

T: PERÍODO DE RETORNO (AÑOS). $T = \frac{n}{m}$

P: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA INTENSIDAD (%). $P = \frac{1}{T} \times 100$

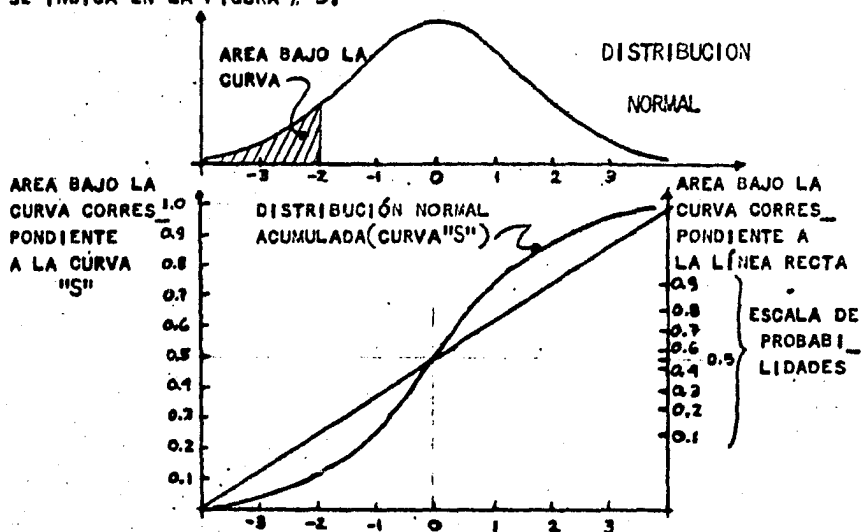
P̄: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA PROMEDIO (%).

n: NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO (n = 9).

m: NÚMERO DE ORDEN.

LAS INTENSIDADES DE LLUVIA SE GRAFICARÓN USANDO LA ESCALA LOGARÍTMICA; Y LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA PROMEDIO "P" PARA CADA INTENSIDAD E INTERVALO DE DURACIÓN, SE GRAFICÓ USANDO LA ESCALA DE PROBABILIDADES. ÉSTA ESCALA DE PROBABILIDADES, ES UN SISTEMA DE COORDENADAS EN LA CUAL LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA NORMAL ACUMULADA (CURVA S) SE GRAFICA COMO UNA LÍNEA RECTA.

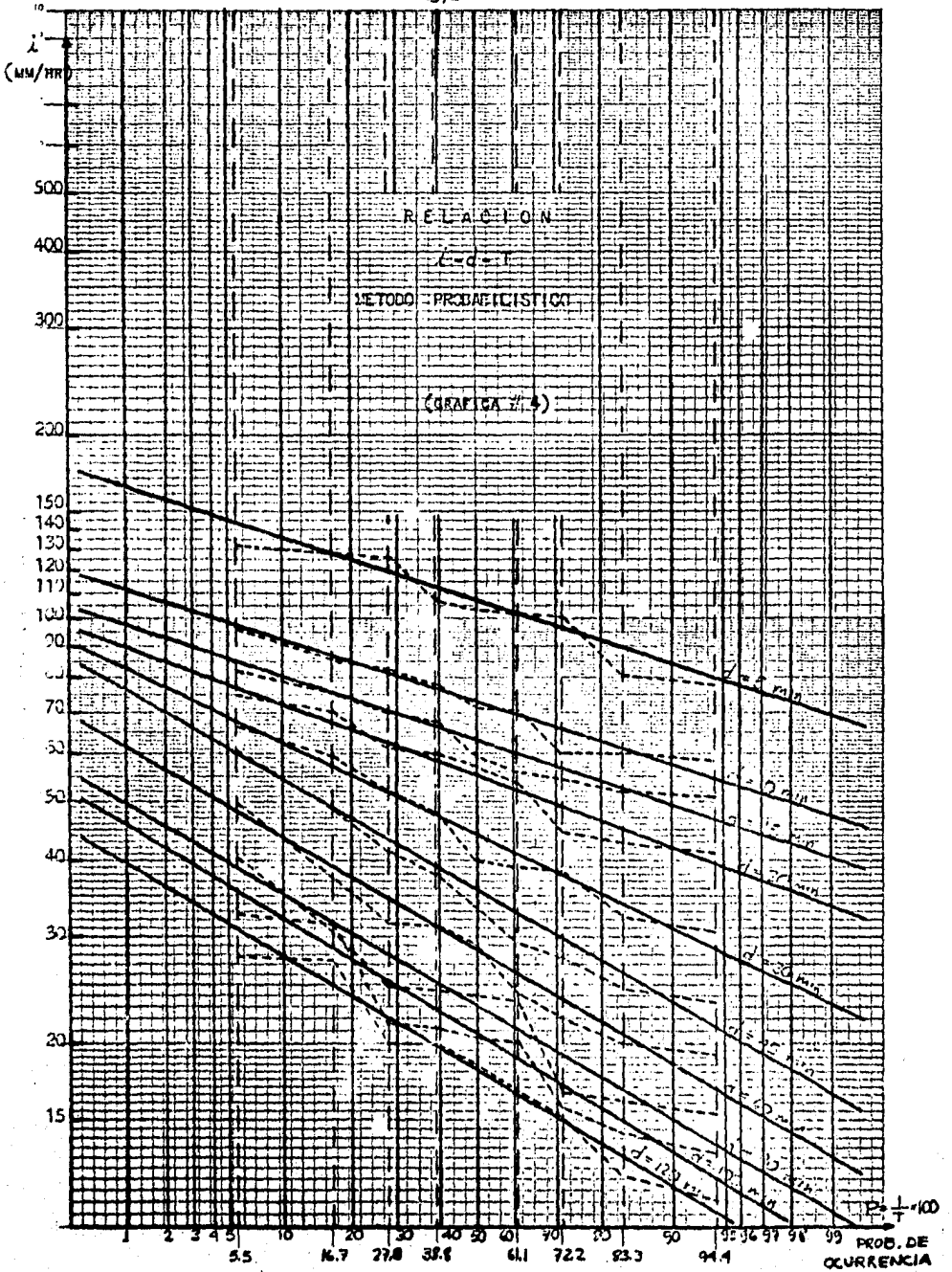
LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALA DE PROBABILIDADES SE INDICA EN LA FIGURA # 3.



(FIGURA # 3).

LA HIPÓTESIS EN QUE SE BASA EL MÉTODO ES, QUE LAS INTENSIDADES DE LLUVIA COMPRENDIDAS EN UN INTERVALO DE DURACIÓN SE ASEMEJAN A UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULADA (CURVA S).

EN LA GRAFICA # 4 APARECEN LAS INTENSIDADES DE LLUVIA PARA CADA DURACIÓN. LOS PUNTOS MARCADOS GENERARÁN RECTAS PROMEDIO QUE PUEDEN EXTENDERSE PARA INDICAR LAS PROBABILIDADES DE OCURRENCIA MENORES "P", A LAS QUE SE TIENEN EN EL REGISTRO; ES DECIR PARA PERIODOS DE RETORNO "T" MAYORES, YA QUE: $P = \frac{1}{T} = 100$



LA DISPERSIÓN ENTRE LOS PUNTOS MARCADOS Y LA LÍNEA RECTA PROMEDIO, SE DEBE A QUE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULADA DE LAS INTENSIDADES, NO SE AJUSTA A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL TEÓRICA. PARA ELLO APLICAREMOS LA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV, PARA COMPROBAR LA VALIDÉZ DEL AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LAS INTENSIDADES (HIPÓTESIS DEL MÉTODO).

ESTA PRUEBA PERMITIRÁ HACER COMPARACIONES ENTRE LAS 2 DISTRIBUCIONES ACUMULADAS (LA DE INTENSIDADES Y LA TEÓRICA) Y SE UTILIZA CUANDO EL TAMAÑO DE LA MUESTRA ES PEQUEÑA.

A MANERA EXPLICATIVA TOMAREMOS COMO EJEMPLO EL INTERVALO DE DURACIÓN DE 5 MINUTOS; HACIENDOSE EXTENSIVA LA EXPLICACIÓN PARA LOS DEMÁS INTERVALOS DE DURACIÓN.

PRIMERAMENTE SE TABULAN LAS INTENSIDADES DE CADA DURACIÓN EN ORDEN CRECIENTE Y SE LES ASIGNA A CADA UNA DE EllAS LA MISMA PROBABILIDAD O FRECUENCIA $1/n$ (n : NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO); COMO SE INDICA EN LA TABLA # 7.

Tabla # 7

DURACIÓN d = 5 MIN		
m	λ	$F = m/n$
1	78.0	0.11
2	80.4	0.22
3	100.8	0.33
4	102.0	0.44
5	103.2	0.55
6	106.3	0.66
7	126.0	0.77
8	128.4	0.88
9	132.0	1.00

CON LA TABLA # 7 SE GRAFICA LA DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE LAS INTENSIDADES, TAMBIÉN LLAMADA FUNCIÓN OBSERVADA F, COMO SE APRECIA EN LA GRAFICA # 5.

LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULADA TEÓRICA P(z),

SE OBTIENE NORMALIZANDO LAS INTENSIDADES COMPRENDIDAS EN CADA INTER-

VALO DE DURACIÓN DE ACUERDO A: $z = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$

DONDE: $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$ Y: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$

SIENDO \bar{x} : MEDIA ARITMETICA DE LAS INTENSIDADES.

x_i : INTENSIDAD DE LLUVIA.

N: NÚMERO DE INTENSIDADES (N=9).

S: DESVIACIÓN ESTÁNDAR CON RESPECTO A ESAS INTENSIDADES.

Z: VALOR NORMALIZADO DE CADA INTENSIDAD

EN LA TABLA # 8 SE MUESTRAN LAS INTENSIDADES NORMALIZADAS "z" Y SU PROBABILIDAD ACUMULADA P(z), OBTENIDA DE LAS TABLAS DE DISTRIBUCIÓN NORMAL; SIENDO LA MEDIA DE LAS INTENSIDADES $\bar{x} = 106.4$ Y SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR $s = 47.8$ PARA EL INTERVALO DE DURACIÓN DE 5 MINUTOS.

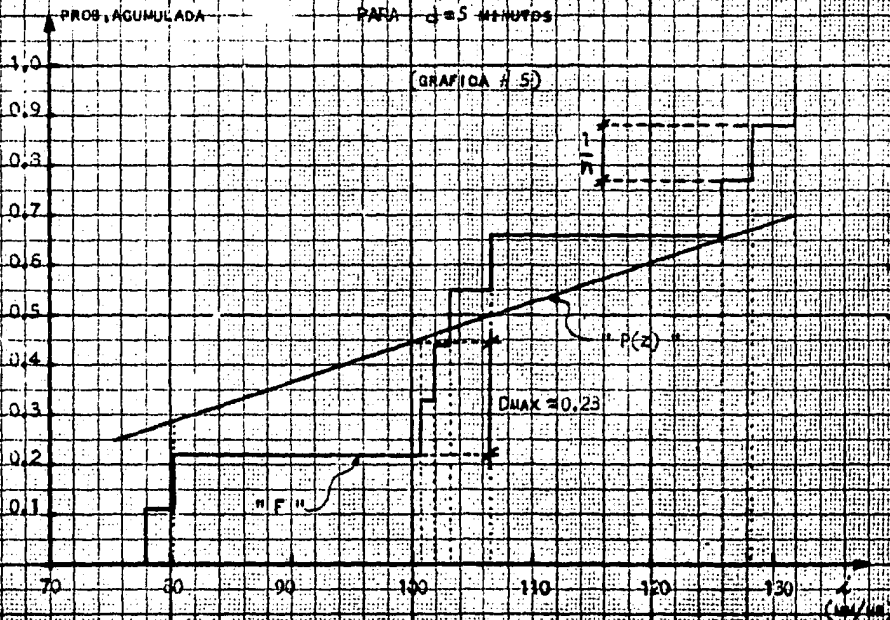
TABLA # 8

DURACIÓN 5 MIN		
INTENSIDAD x_i	$z = \frac{x_i - 106.4}{47.8}$	PROB. ACUMULADA P(z)
78.0	-0.594	0.27
80.4	-0.543	0.29
100.8	-0.117	0.45
102.0	-0.092	0.46
103.2	-0.066	0.47
106.8	0.008	0.50
126.0	0.410	0.65
128.4	0.460	0.67
132.0	0.535	0.70

CON LAS TABLAS # 7 Y 8 SE GRAFICAN LAS DISTRIBUCIONES OBSERVADAS "F" Y TEÓRICAS "P(z)" RESPECTIVAMENTE (GRAFICA # 5).

DE AHÍ SE PUEDE OBSERVAR QUE LA DIFERENCIA MÁXIMA DE ORDENADAS QUE EXISTE ENTRE LAS 2 DISTRIBUCIONES ACUMULADAS ES $D_{max} = 0.23$.

DIFERENCIA MÁXIMA DE ORDENADAS (D_{MAX})
ENTRE LA FUNCIÓN OBSERVADA " F " Y LA
FUNCIÓN TEÓRICA " P(x) "



OBSERVANDO LOS VALORES LÍMITES ACEPTABLES DE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE, SEGÚN LA TABLA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV (TABLA # 9); TENEMOS QUE PARA $n = 9$ Y CON LOS NIVELES DE SIGNIFICANCIA $\alpha = 5\%$ Y $\alpha = 1\%$, LA MÁXIMA DIFERENCIA DE ORDENAS PERMITIDA ES $D^* = 0.432$ Y $D^* = 0.514$ RESPECTIVAMENTE.

COMO $D_{MAX} = 0.23 < D^*$ (DE AMBOS CASOS), SE CONCLUYE QUE PARA EL INTERVALO DE DURACIÓN $d = 5$ MIN, LAS INTENSIDADES EN ÉL COMPRENDIDAS, SE COMPORTAN COMO UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL, PARA LOS NIVELES DE SIGNIFICANCIA DADOS. VALORES MINIMOS ACEPTABLES DE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV.

TABLA # 9

Sample size (n)	Significance level α				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.829
4	.494	.525	.564	.624	.734
5	.446	.474	.510	.563	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.409	.486
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.391
17	.250	.266	.286	.318	.380
18	.244	.259	.278	.309	.370
19	.237	.252	.272	.301	.361
20	.231	.246	.264	.294	.352
25	.21	.22	.24	.264	.32
30	.19	.20	.22	.242	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
40				.21	.25
50				.19	.23
60				.17	.21
70				.16	.19
80				.15	.18
90				.14	
100				.14	
Asymptotic Formula:	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

SIQUIENDO UN PROCEDIMIENTO ANALOGO AL DEL INTER_
VALO DE DURACION DE 5 MINUTOS, TENEMOS QUE LAS DIFERENCIAS DE ORDENA_
DAS MÁXIMAS (D_{MAX}) PARA LOS DEMÁS INTERVALOS DE DURACION SON:

TABLA # 10

INTERVALO DE DURACION (MIN)	DIFERENCIA DE ORDENADAS MÁXIMAS D _{MAX}	ORDENADA MÁX. PERMISIBLE D*	
		5%	1%
5	0.23	0.432	0.514
10	0.25	"	"
15	0.23	"	"
20	0.21	"	"
30	0.21	"	"
45	0.23	"	"
60	0.24	"	"
80	0.25	"	"
100	0.26	"	"
120	0.24	"	"

OBSERVANDO LA TABLA # 10, PODEMOS CONCLUIR QUE
PARA TODOS LOS INTERVALOS DE DURACION, LAS INTENSIDADES COMPRENDIDAS
EN ÉL, SE COMPORTAN COMO UNA DISTRIBUCION NORMAL, PARA LOS NIVELES DE
SIGNIFICANCIA DADOS; YA QUE LA D_{MAX} ENTRE LAS FUNCIONES OBSERVADA Y
TEÓRICA, ES SIEMPRE MENOR A D*.

COMPARACIÓN Y COMENTARIOS DE LOS MÉTODOS PARA CALCULAR LA RELACIÓN $\lambda-d-T$.

LA TABLA # 11 MUESTRA LAS INTENSIDADES DE LLUVIA, DERIVADAS DEL MÉTODO ANALÍTICO (POR EXCEDENTES Y MÁXIMOS ANUALES), Y DEL MÉTODO PROBABILÍSTICO, TODAS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS.

TABLA # 11

DURACIÓN (MIN)	MÉTODO ANALÍTICO		MÉTODO PROBABILÍSTICO
	EXCEDENTES ANUALES	MÁXIMOS ANUALES	
5	169.5	182.5	136.0
10	117.8	123.8	92.0
15	94.5	98.5	80.0
20	81.0	64.0	72.5
30	65.0	67.0	63.0
45	52.5	53.5	54.5
60	45.0	45.5	43.8
80	38.5	38.5	35.5
100	34.5	34.5	32.0
120	31.0	31.0	28.0

MÉTODO ANALÍTICO.

OBSERVANDO LOS VALORES DEL MÉTODO ANALÍTICO, VEMOS QUE LAS INTENSIDADES OBTENIDAS POR EL CRITERIO DE MÁXIMOS ANUALES DAN MAYORES QUE LAS OBTENIDAS POR EXCEDENTES ANUALES DE LOS 5 A LOS 30 MINUTOS DE DURACIÓN; ESTO SE DEBE A QUE EN EL PRIMER CRITERIO LOS PERIODOS DE RETORNO "T" SON MÁS CONSERVADORES QUE LOS DEL SEGUNDO, HACIENDO CON ELLO QUE LAS SUMATORIAS OBTENIDAS, DEN VALORES MAYORES AL SUSTITUIRLAS EN EL SISTEMA DE ECUACIONES.

LOS VALORES OBSERVADOS DE EXCEDENTES ANUALES SE AJUSTAN MEJOR A SU ECUACIÓN TEÓRICA, YA QUE COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR ES MENOR COMPARADA CON LA DE MÁXIMOS ANUALES, Y SIENDO POR ENDE MÁS CERCAÑA A CERO.

MÉTODO PROBABILÍSTICO.

LA FALTA DE AÑOS DE REGISTRO, HACE QUE EL TRAZO DE LA LÍNEA RECTA PROMEDIO PARA CADA DURACIÓN, SEA UN TANTO INCIERTO; YA QUE LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES DE LLUVIA PARA PERIODOS DE RETORNO GRANDES, DEPENDEN DE LA PENDIENTE QUE SE LE DE A LA RECTA PROMEDIO; SI LA PENDIENTE AUMENTA, AUMENTARÁN LAS INTENSIDADES PARA PERIODOS DE RETORNO GRANDES Y DISMINUIRÁN PARA PERIODOS DE RETORNO PEQUEÑOS.

LA DISPERSIÓN DE LOS PUNTOS OBSERVADOS Y LA RECTA PROMEDIO, DEPENDE DE QUE TANTO SE APROXIMAN LAS INTENSIDADES DE CADA INTERVALO A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL. EN NUESTRO CASO TODAS LAS INTENSIDADES AGRUPADAS EN CADA UNO DE LOS INTERVALOS DE DURACIÓN, SE APROXIMAN SATISFACTORIAMENTE A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL. CONCLUYENDO CON ELLO, QUE ESTE MÉTODO ES BUENO PARA CALCULAR LA RELACIÓN $i-d-T$.

ELECCIÓN DEL MÉTODO A USAR.

LOS MÉTODOS DESCRITOS ANTERIORMENTE, NECESITAN UN MAYOR NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO, PARA OBTENER RESULTADOS MÁS O MENOS RAZONABLES; POR ELLO ESCOGEREMOS LOS VALORES ARROJADOS POR EL MÉTODO ANALÍTICO CRITERIO DE EXCEDENTES ANUALES, POR SER LAS INTENSIDADES INTERMEDIAS DE LOS VALORES DADOS POR EL CRITERIO DE MÁXIMOS ANUALES Y DEL MÉTODO PROBABILÍSTICO. (VER TABLA # 11)

-TRANSPORTACIÓN DE TORMENTAS.

PARA TRANSPORTAR LAS TORMENTAS DE LA ESTACIÓN BASE DE TEQUISISTLÁN A LA ZONA EN ESTUDIO QUE ES SALINA CRUZ, SE NECESITA CONOCER LA RELACIÓN, ENTRE LA LLUVIA DE LA ZONA EN ESTUDIO " P " Y LA LLUVIA EN LA ESTACIÓN BASE " P_b "; ESTA RELACIÓN DA POR RESULTADO UN COEFICIENTE " K " DE TRANSPORTE:

$$\frac{P}{P_b} = K$$

DONDE P : LLUVIA EN LA ZONA EN ESTUDIO. (MM)

P_b : LLUVIA EN LA ESTACIÓN BASE. (MM)

EL COEFICIENTE "K" DE TRANSPORTE SE OBTUVO DE UNA SERIE DE TORMENTAS AISLADAS (LAS MÁS DESFAVORABLES), DE LAS 2 REGIONES COMO SE VE EN LA SIGUIENTE TABLA (TABLA # 12); DANDONOS UN COEFICIENTE $K=1$. ESTO QUIERE DECIR QUE LLUEVE LO MISMO Y CON LA MISMA INTENSIDAD, EN LAS 2 REGIONES.

TABLA # 12

FECHA			SALINA CRUZ	TEQUISISTLÁN	K
AÑO	MES	DIA	P (MM)	P _b (MM)	$\frac{P}{P_b}$
1965	AGO	6	34.5	34.5	1
"	SEP	11	22.0	22.0	1
1966	JUN	15	8.5	8.5	1
"	SEP	8	45.1	41.4	1.09
1967	AGO	10	18.0	18.0	1
"	"	28	57.3	52.0	1.10
"	OCT	28	12.5	12.5	1
1968	JUN	23	12.5	12.5	1
"	SEP	14	25.6	25.6	1
1970	JUL	24	12.0	26.5	0.45
"	"	25	69.0	56.0	1.23
"	"	28	32.0	32.0	1
1971	AGO	6	79.8	79.8	1
"	"	7	7.5	7.5	1
"	OCT	2	71.2	71.2	1
1973	JUL	26	69.7	47.0	1.48
"	SEP	9	17.0	17.0	1
"	"	10	33.0	30.0	1.10
1974	JUN	14	40.0	40.1	0.99
"	"	20	40.0	40.5	0.98
1975	JUL	24	33.1	33.1	1
"	SEP	10	42.2	42.2	1
"	"	11	80.6	80.6	1

$K_{PROM} = 1.0182 \approx 1.0$

V.1.3.- CÁLCULO DE GASTOS.

COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, PARA LA DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO SE USARÁ EL MÉTODO DE CHOW.

ESTE MÉTODO SE APLICA A CUENCAS PEQUEÑAS; DEFINIENDOLAS COMO AQUELLAS CUYO ESCURRIMIENTO ES SENSIBLE A LLUVIAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN Y EN DONDE EL EFECTO DE ALMACENAJE DEL CAUCE NO ES IMPORTANTE.

EL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO ES:

$Q = Q_b + Q_m$ SIENDO Q_b :GASTO BASE.

Q_m :GASTO DE ESCURRIMIENTO DIRECTO.

EL GASTO BASE ES EL PRODUCIDO POR EL FLUJO DEL AGUA SUBTERRANEA, LA CUAL SE RECARGA CON UNA PARTE DE LA PRECIPITACIÓN QUE SE INFILTRA; EN NUESTRO CASO $Q_b = 0$ NO HAY FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA, POR LO TANTO $Q = Q_m$.

EL GASTO DE PICO DEL ESCURRIMIENTO DIRECTO DE UNA CUENCA, CHOW LO DEFINE COMO:

$Q_m = AXYZ$ DONDE A: ÁREA DE LA CUENCA (KM²).

X: FACTOR DE ESCURRIMIENTO.

Y: FACTOR CLIMÁTICO.

Z: FACTOR DE REDUCCIÓN DE PICO.

LA FORMA Y CANTIDAD DE ESCURRIMIENTO DIRECTO EN UNA CUENCA PEQUEÑA, DEPENDE PRINCIPALMENTE DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO. ES DECIR UNA PARTE DE LA PRECIPITACIÓN SE PIERDE ATRAVÉS DEL PROCESO DE INTERCEPCIÓN, EVAPOTRANSPIRACIÓN E INFILTRACIÓN, QUE DEPENDEN A SU VEZ DE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO, TIPO DE SUPERFICIE DEL SUELO Y SUBSUELO Y LA VEGETACIÓN IMPERANTE EN LA ZONA.

LA PARTE RESTANTE DE LA PRECIPITACIÓN SE LE LLAMA LLUVIA EN EXCESO Y ES LA QUE PRODUCE EL ESCURRIMIENTO DIRECTO.

CHOW TOMA EN CUENTA 2 GRUPOS DE FACTORES QUE AFECTAN AL ESCURRIMIENTO DIRECTO. EL PRIMER GRUPO CONSISTE PRINCIPALMENTE EN EL USO DE LA TIERRA, CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE, TIPO DE SUELO, CANTIDAD Y DURACIÓN DE LA LLUVIA. EL SEGUNDO GRUPO AFECTA LA DISTRIBUCIÓN DEL ESCURRIMIENTO SOBRE LA CUENCA, E INCLUYE EL TAMAÑO Y FORMA DE ELLA, ADENÁS DEL EFECTO DE RETENCIÓN DEL FLUJO EN EL CAUCE, NO SIENDO DE MUCHA IMPORTANCIA PARA NUESTRO CASO, COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE.

EL MÉTODO PARA PROPÓSITOS PRÁCTICOS CONSIDERA QUE LA INTERDEPENDENCIA ENTRE LOS 2 GRUPOS DE FACTORES NO AFECTA LA RELACIÓN ENTRE EL ESCURRIMIENTO DIRECTO Y LA LLUVIA EN EXCESO.

- FACTOR DE ESCURRIMIENTO " X ".

PARA TOMAR EN CUENTA EL EFECTO DEL PRIMER GRUPO, SE TIENE EL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO " N " (TABLA # 3). ESTE NÚMERO DE ESCURRIMIENTO DEPENDE DEL TIPO DE MATERIAL QUE SE ENCUENTRA EN LA SUPERFICIE DE LA CUENCA Y QUE AFECTA DIRECTAMENTE AL ESCURRIMIENTO (TABLA # 2). A SU VEZ CADA TIPO DE SUELO TIENE UN USO O COBERTURA DE LA TIERRA Y LA CONDICIÓN EN QUE SE ENCUENTRA SU SUPERFICIE (TABLA # 2).

UNA VEZ SELECCIONADO EL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO " N ", SE PUEDE CALCULAR EL VALOR DE LA LLUVIA EN EXCESO " P_e " QUE PRODUCIRÁ EL ESCURRIMIENTO, PARA UNA ALTURA DE LLUVIA DADA " P " MEDIANTE LA SIGUIENTE ECUACIÓN O BIEN CON LA GRÁFICA # 6.

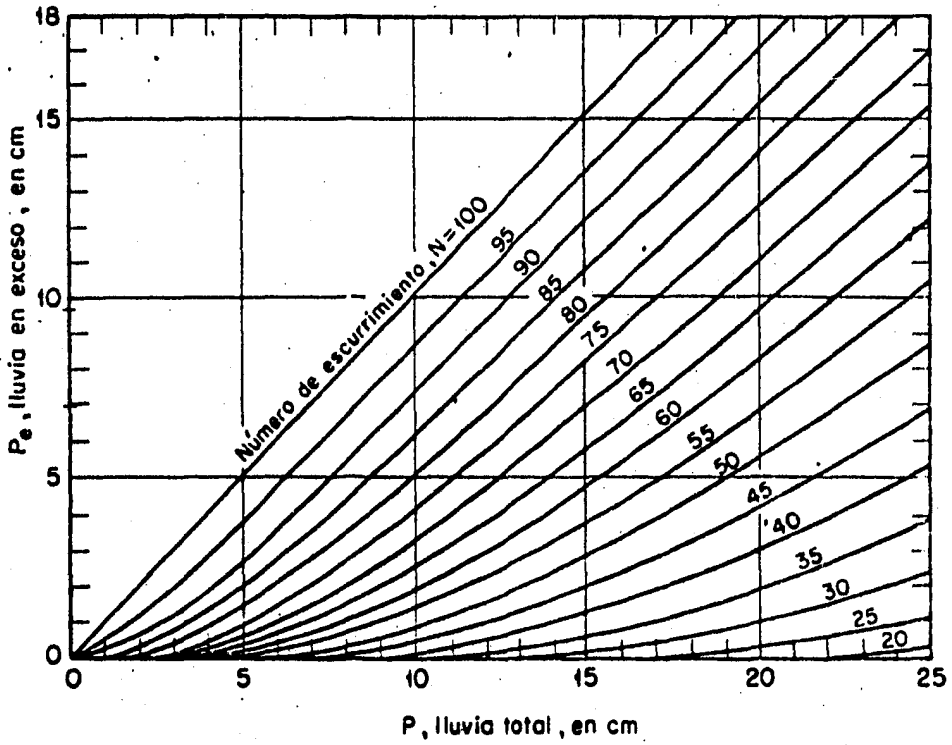
$$P_e = \frac{\left(P - \frac{508}{N} + 5.08 \right)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

DONDE P_e : LLUVIA EN EXCESO (CM).

P : LLUVIA EN LA ZONA EN ESTUDIO (CM).

N : NÚMERO DE ESCURRIMIENTO.

(GRÁFICA # 6)



OBSERVESE QUE SI EN LA GRÁFICA # 6, SUPONEMOS QUE EL SUELO ES IMPERMEABLE ($N = 100$) TENEMOS QUE $P_e = P$ Y CONFORME N DISMINUYA, LA LLUVIA EN EXCESO DISMINUIRÁ, PRODUCIENDOSE MÁS INFILTRACIONES Y PÉRDIDAS EN EL SUELO, HACIENDO CON ELLO QUE EL ESCURRIMIENTO SEA MENOR.

EL TIRANTE DE LLUVIA P PARA LA ZONA EN ESTUDIO SE OBTENDRÁ DE LA CURVA $\lambda - d - T$ DE LA ESTACIÓN BASE (GRÁFICA # 2) SUGERINDO UNA DURACIÓN DADA " d " Y MULTIPLICÁNDOLA POR SU INTENSIDAD CORRESPONDIENTE PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS; ESTO HACE QUE LA LLUVIA EN EXCESO TENGA ESE MISMO PERIODO.

UNA VEZ CALCULADA LA LLUVIA EN EXCESO " P_e " EL FACTOR DE ESCURRIMIENTO " X ", SERÁ ESA MISMA LLUVIA EN EXCESO, ENTRE LA DURACIÓN DE TORMENTA SUPUESTA " d ": $X = \frac{P_e}{d}$

- FACTOR CLIMÁTICO. Y .

PARA TOMAR EN CUENTA LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN DEL ESCURRIMIENTO Y EL HECHO DE QUE LA ZONA EN ESTUDIO ESTE ALEJADA DE LA ESTACIÓN BASE, EN DONDE SE CONOCE LA DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA CON RESPECTO AL TIEMPO, CHOW PROPONE LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR CLIMÁTICO " Y "; Y QUE TOMA EN CUENTA LAS CONSIDERACIONES ANTES DESCRITAS; Y LO DEFINE COMO:

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b}$$

$$\text{PERO: } K = \frac{P}{P_b} = 1 \quad (\text{COEFICIENTE DE TRANSPORTE ES 1})$$

POR LO TANTO: $Y = 2.78$

PARA TODOS LOS CASOS SE CUMPLE LA RELACIÓN:

$$\frac{P}{P_b} = \frac{P_e}{P_{e,b}}$$

EN DONDE: P : LLUVIA EN LA ZONA EN ESTUDIO.

P_b : LLUVIA EN LA ESTACIÓN BASE.

P_e : LLUVIA EN EXCESO EN LA ZONA EN ESTUDIO.

$P_{e,b}$: LLUVIA EN EXCESO EN LA ESTACIÓN BASE.

- FACTOR DE REDUCCIÓN DE PICO " Z " .

EL FACTOR DE REDUCCIÓN DE PICO " Z ", ESTA DEFINIDO COMO LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE EL GASTO DE PICO DE UN HIDROGRAMA UNITARIO DEBIDO A UNA LLUVIA DE DURACIÓN DADA " d " Y EL ESCURRIMIENTO DE EQUILIBRIO, ES DECIR EL ESCURRIMIENTO PRODUCIDO POR LA MISMA INTENSIDAD DE LLUVIA PERO DE DURACIÓN INFINITA:

$$Z = \frac{q_m}{2.78A} \quad \text{SIENDO: } q_m = \frac{Q}{P_e}$$

DONDE Z: FACTOR DE REDUCCIÓN DE PICO.

A: ÁREA DE LA CUENCA.

d: DURACIÓN DE LA LLUVIA.

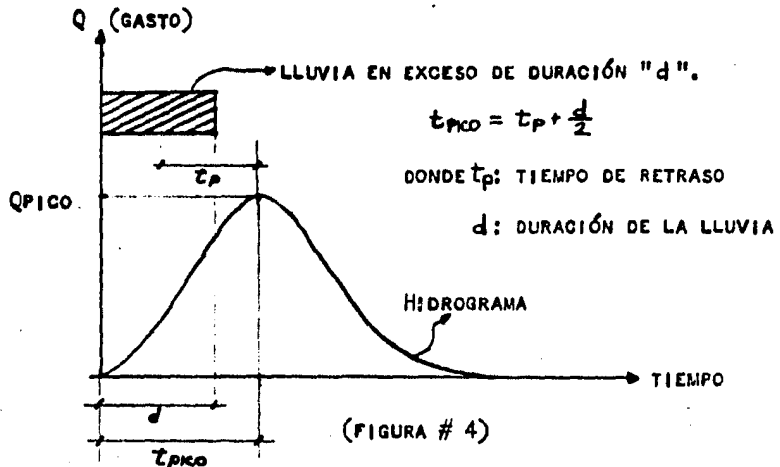
q_m : GASTO DE PICO DEL HIDROGRAMA UNITARIO.

Q: GASTO CUALQUIERA DEL HIDROGRAMA ASOCIADO A UNA LLUVIA EN EXCESO P_e .

EL HIDROGRAMA UNITARIO DE UNA CUENCA SE DEFINE COMO EL HIDROGRAMA DE ESCURRIMIENTO DIRECTO, OCASIONADO POR UNA LLUVIA EN EXCESO " P_e " DE 1 CM DE ALTURA DE LLUVIA, GENERADA UNIFORMEMENTE SOBRE TODA EL ÁREA DE LA CUENCA, CON UNA INTENSIDAD TAMBIÉN UNIFORME DURANTE UN PERIODO ESPECIFICO O DURACIÓN EN EXCESO (TIEMPO QUE DURA LA LLUVIA EN EXCESO).

EL VALOR DE "Z" SE PUEDE CALCULAR COMO UNA FUNCIÓN DE LA RELACIÓN, ENTRE LA DURACIÓN DE LA TORMENTA "d" Y EL TIEMPO DE RETRASO " t_p ". DICHO TIEMPO DE RETRASO SE DEFINE COMO EL INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO DEL CENTRO DE MASA DE UN BLOQUE DE INTENSIDAD DE LLUVIA AL PICO RESULTANTE DEL HIDROGRAMA.

LA FIGURA # 4 MUESTRA LO DICHO ANTERIORMENTE:



PARA CUENCAS PEQUEÑAS EL TIEMPO DE RETRASO SE APROXIMA MUCHO AL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN, DEFINIDO ESTE ÚLTIMO COMO EL TIEMPO REQUERIDO POR EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL PARA LLEGAR DE LA PARTE MÁS REMOTA DE LA CUENCA, AL PUNTO EN ESTUDIO.

EL TIEMPO DE RETRASO PUEDE DEDUCIRSE HACIENDO EL ANÁLISIS DE UNA SERIE DE HIDROGRAMAS, INVOLUCRANDO CON ELLO AL TIEMPO DE PICO DE LOS MISMOS, CUMPLIENDOSE LA RELACIÓN:

$$t_{pico} = t_p + \frac{d}{2} \quad (\text{VER FIGURA \# 4})$$

PERO COMO NO SE CUENTA CON REGISTROS DE HIDROGRAMAS EN LA ZONA EN ESTUDIO, ESTE ANÁLISIS NO SE PUEDE EFECTUAR.

SIN EMBARGO CHOW ENCONTRÓ PARA SU ZONA EN ESTUDIO QUE EL TIEMPO DE RETRASO SE PUEDE CALCULAR COMO:

$$t_p = 0.005 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.64}$$

DONDE L: LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (M)
S: PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (%).

ENCONTRANDO ASÍ, QUE EL TIEMPO DE RETRASO DEPEN DE PRINCIPALMENTE DE LA FORMA DEL HIDROGRAMA Y DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA, Y ES INDEPENDIENTE DE LA DURACIÓN DE LA LLUVIA.

UNA VEZ CONOCIDO EL VALOR DE t_p PARA LA CUENCA EN ESTUDIO, SE PUEDE CALCULAR EL VALOR DE "Z" PARA CADA DURACIÓN DE TORMENTA SUPUESTA "d". LA RELACIÓN d/t_p , CON Z OBTENIDA POR CHOW, SE MUESTRA EN LA GRAFICA # 7.

TEÓRICAMENTE, LA GRÁFICA # 7 NOS INDICA QUE LA DURACIÓN DE LA TORMENTA SUPUESTA, NO PUEDE SER MAYOR A $2t_p$, YA QUE EL GASTO DE PICO OCURRIRÁ ANTES DE QUE TERMINE LA LLUVIA EN EXCESO (DURACIÓN EN EXCESO). SI $d > 2t_p$, EL HIDROGRAMA UNITARIO ALCANZARÁ Y MANTENDRÁ UN VALOR MÁXIMO. ES DECIR $Z=1$ PARA $\frac{d}{t_p}=2$.

- PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.

EL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA OBTENER EL GASTO MÁXIMO, CON UN DETERMINADO PERIODO DE RETORNO, EMPLEANDO EL MÉTODO DE CHOW ES EL SIGUIENTE:

A) CON LOS DATOS DE TIPO Y USO DEL SUELO SE CALCULA EL VALOR DE "N" EMPLEANDO LA TABLA # 3.

B) SE ESCOGE UNA CIERTA DURACIÓN DE LLUVIA "d".

C) DE LA CURVA $i-d-T$ (GRAFICA # 2) Y CON EL VALOR DE "d" ASIGNADO EN B); SE CALCULA LA INTENSIDAD DE LLUVIA PARA ESA TORMENTA. MULTIPLICANDO LA INTENSIDAD DE LLUVIA POR LA DURACIÓN "d", SE OBTIENE LA PRECIPITACIÓN TOTAL EN LA ESTACIÓN BASE "P_b" EN CENTÍMETROS.

D) CON EL VALOR DE N CALCULADO EN A) Y EL VALOR DE P_b OBTENIDO EN C), SE CALCULA LA LLUVIA EN EXCESO EN LA ESTACIÓN BASE "P_{eb}", EMPLEANDO LA ECUACIÓN (1):

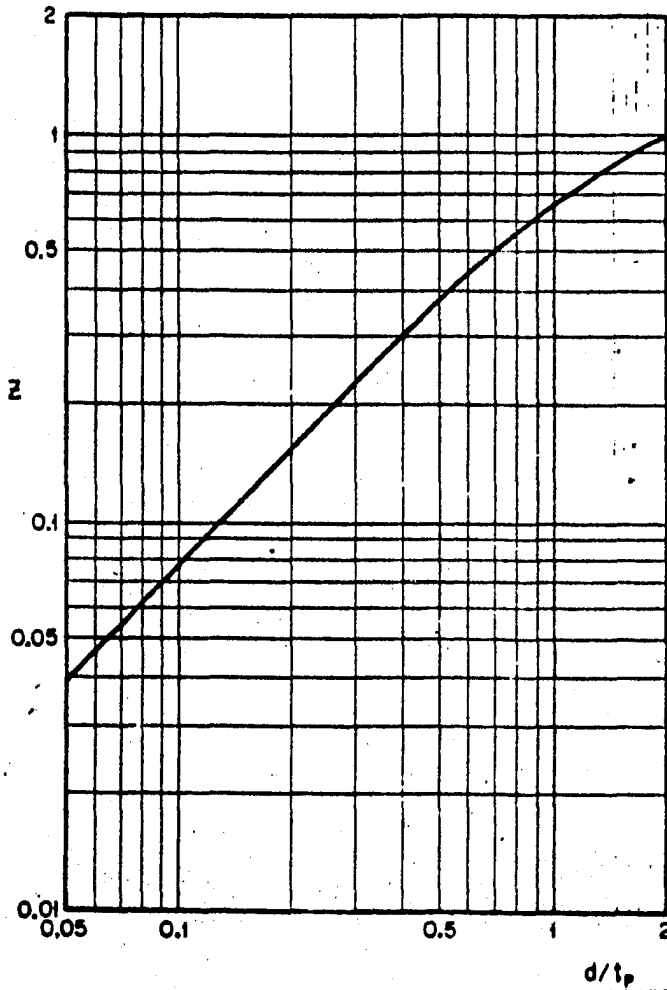
$$P_{eb} = \frac{\left(P_b - \frac{508}{N} + 5.08\right)^2}{P_b + \frac{2032}{N} - 20.32} \dots (1) \text{ DONDE } P_{eb} \text{ : LLUVIA EN EXCESO EN LA ESTACIÓN BASE (CM).}$$

P_b: LLUVIA TOTAL EN LA EST. BASE (CM).

N: NÚMERO DE ESCURRIMIENTO.

FACTOR DE REDUCCION DE PICO "Z".

(GRAFICA # 7)



E) CON EL VALOR DE P_{eb} CALCULADO EN EL INCISO ANTERIOR Y EL VALOR DE LA DURACIÓN ESCOGIDA EN EN B), SE CALCULA " X ":

$$X = \frac{P_{eb}}{d} \dots\dots(2) \quad P_{eb} : \text{LLUVIA EN EXCESO EN LA ESTACIÓN}$$

BASE EN CM.

d : DURACIÓN DE LA LLUVIA EN (HR).

F) SE HACE EL TRANSPORTE DE TORMENTA, CUMPLIENDOSE

QUE: $\frac{P}{P_b} = \frac{P_e}{P_{eb}} = 1$

Y CALCULANDO EL FACTOR CLIMÁTICO " Y " : $Y = 2.73 \frac{P}{P_b} \dots\dots(3)$

G) CON EL VALOR DE LA LONGITUD EN M Y LA PENDIEN_

TE DEL CAUCE EN %, SE CALCULA EL TIEMPO DE RETRASO " τ_p ":

$$\tau_p = 0.005 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.64} \dots\dots(4)$$

H) SE CALCULA d/τ_p , Y SE OBTIENE " Z " (FACTOR DE REDUCCIÓN DE PICO) DE LA GRÁFICA # 7.

I) EL GASTO SE CALCULA COMO: $Q = AXYZ \dots\dots(5)$

J) SE REPITEN LOS PASOS DE C) A I) PARA OTRAS DURACIONES DE TORMENTA " d ".

K) EL MAYOR GASTO ES EL DE DISEÑO.

SIGUIENDO EL PROCEDIMIENTO ANTERIOR, SE DETERMI_

NARON LOS GASTOS DE DISEÑO PARA CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS:

TABLA # 13

CUENCA # 1: A = 0.1304 KM ² L = 440 M S = 11.81 %										
d	A	P _e = P	P _e = P _{eb}	X	Y	τ_p	d / τ_p	Z	Q	
(MIN)	(HR)	(CM/HR)	(CM)	(CM)	(CM/HR)	(HR)			(M ³ /S)	
5	0.0833	16.95	1.411	0.241	2.8967	2.78	0.1116	0.74	0.52	0.546
10	0.1666	11.78	1.962	0.536	3.2196	"	"	1.49	0.86	1.003
15	0.25	9.45	2.362	0.791	3.1640	"	"	2.24	1	1.146 ← Q _{MÁX}
20	0.3333	8.10	2.699	1.024	3.0744	"	"	2	1	1.114
30	0.5	6.50	3.250	1.435	2.8706	"	"	"	1	1.040
45	0.75	5.25	3.937	1.983	2.6449	"	"	"	1	0.958
60	1.0	4.50	4.500	2.454	2.4549	"	"	"	1	0.889
80	1.3333	3.85	5.133	3.002	2.2515	"	"	"	1	0.815
100	1.6666	3.45	5.749	3.547	2.1288	"	"	"	1	0.771
120	2.0	3.10	6.200	3.954	1.9771	"	"	"	1	0.716
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

DE LA TABLA # 13 VEMOS QUE PARA LA CUENCA # 1, EL GASTO MÁXIMO ES $Q_{MAX} = 1.146 \text{ m}^3/\text{s}$, PARA UNA DURACIÓN DE TORMENTA $d = 15 \text{ MIN}$, Y PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS. PARA LAS DEMÁS CUENCAS, LAS COLUMNAS (1), (2), (3), (4), (5) Y (6) SON LAS MISMAS YA QUE NO DEPENDEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA. A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UN RESÚMEN CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORES DE CADA CUENCA, ASÍ COMO EL TIEMPO DE RETRASO " t_p ", EL GASTO MÁXIMO Y LA DURACIÓN DE LA TORMENTA CORRESPONDIENTE A ESE GASTO.

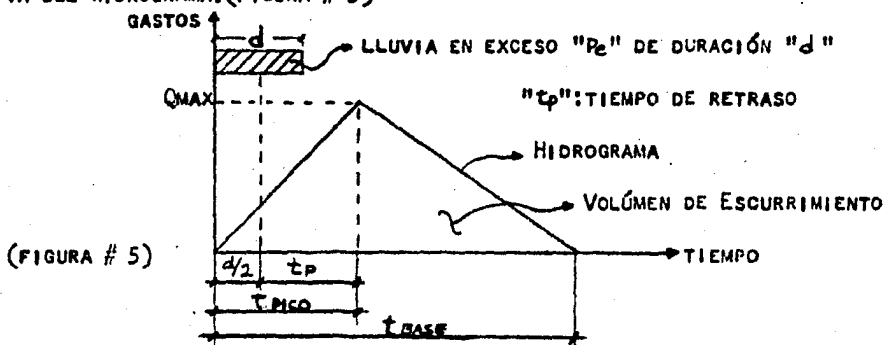
TABLA # 14

CUENCA #	A (KM^2)	L (M)	S (%)	t_p (HR)	d (MIN)	Q_{MAX} (M^3/s)
1	0.1304	440	11.81	0.1116	15	1.146
2	0.1208	510	14.90	0.1138	15	1.062
3	0.1471	520	12.11	0.1232	15	1.293
4	0.0625	390	13.97	0.0887	15	0.549
5	0.0763	380	22.89	0.0822	10	0.682
6	0.0542	400	26.25	0.0813	10	0.484
7	0.0650	360	15.27	0.0904	15	0.571
8	0.0742	290	25.17	0.0670	10	0.663
9	0.0692	390	22.56	0.0839	10	0.612

V.1.4.- CALCULO DEL VOLÚMEN DE ESCURRIMIENTO.

PARA DETERMINAR EL VOLÚMEN DE ESCURRIMIENTO, ORIGINADO POR UNA TORMENTA CON PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS, ES NECESARIO CONOCER EL HIDROGRAMA CORRESPONDIENTE A ESA AVENIDA.

EN NUESTRO CASO, Y PARA SIMPLIFICAR SUPONDEMOS QUE EL HIDROGRAMA TIENE FORMA TRIANGULAR; EN DONDE EL VOLÚMEN DE LLUVIA ESCURRIDA EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS, ES EL ÁREA BAJO LA CURVA DEL HIDROGRAMA. (FIGURA # 5)



DE LA FIGURA # 5 TENEMOS QUE: $V = \frac{Q_{MAX} \cdot t_{BASE}}{2}$

EL TIEMPO DEL HIDROGRAMA SERÁ: $t_{BASE} = \frac{2V}{Q_{MAX}}$

EN DONDE EL VOLÚMEN ESTA DADO POR: $V = P_e \times A$

SIENDO: Q_{MAX} : GASTO MÁXIMO PARA CADA SUBCUENCA CON $T = 10$ AÑOS.

P_e : LLUVIA EN EXCESO QUE PRODUJO EL Q_{MAX} CON UNA DURACION DE LLUVIA " d " (TABLA # 14).

A : ÁREA DE CADA SUBCUENCA.

DE LA FIGURA # 5 SE PUEDE OBSERVAR QUE EL TIEMPO DE PICO DEL HIDROGRAMA SE PUEDE OBTENER DE LA SIGUIENTE RELACION:

$$t_{PICO} = t_p + \frac{d}{2}$$

t_p : TIEMPO DE RETRASO (TABLA # 14).

d : DURACION TOTAL DE LA TORMENTA, CON LA CUAL SE GENERO EL Q_{MAX} (TABLA # 14).

EN LA TABLA # 15 SE MUESTRAN LOS Q_{MAX} , t_{pico} , t_{BASE} , Y LOS VOLUMENES DE ESCURRIMIENTO "V", NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS HIDROGRAMAS DE CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

TABLA # 15

CUENCA #	Q_{MAX} (M^3/s)	d (MIN)	t_p (MIN)	t_{pico} (MIN)	A (KM^2)	P_e (CM)	$V = P_e A$ (M^3)	t_{BASE} (MIN)
1	1.146	15	6.69	14.19	0.1304	0.791	1 031.4	30.00
2	1.062	15	6.82	14.32	0.1208	0.791	955.5	29.99
3	1.293	15	7.39	14.89	0.1471	0.791	1 163.5	29.99
4	0.549	15	5.32	12.82	0.0625	0.791	494.4	30.01
5	0.582	10	4.93	9.93	0.0763	0.536	409.3	20.00
6	0.484	10	4.87	9.87	0.0542	0.536	290.7	20.02
7	0.571	15	5.42	12.92	0.0650	0.791	514.2	30.01
8	0.663	10	4.02	9.02	0.0742	0.536	398.0	20.01
9	0.612	10	5.03	10.03	0.0692	0.536	371.2	20.21

V.1.5.- DIMENSIONAMIENTO DE DESARENADORES.

- DETERMINACIÓN DE LA EXPRESIÓN QUE RELACIONE AL VOLUMEN DE AZOLVE CON EL VOLUMEN DE LLUVIA.

PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS DESARENADORES ES NECESARIO CONOCER EL PORCENTAJE DEL VOLUMEN SÓLIDO, ACARREADO POR EL DE LLUVIA.

LA OBTENCIÓN DE ESTE PORCENTAJE SE REALIZÓ EN BASE A MEDICIONES HECHAS "IN SITU". (FOTOS # 16, 17, 18)

PARA UNA LLUVIA CON DURACIÓN $d=30$ MIN, SE REGISTRÓ UNA ALTURA DE LLUVIA $P=45.7$ MM. ESTA LLUVIA ARROJÓ EN LA CUENCA # 3 UN VOLUMEN DE AZOLVE DE 69 M^3 Y EN LA CUENCA # 4 DE 23 M^3 .

CON LA ALTURA DE LLUVIA ANTERIOR "P", SE PUEDE CONOCER LA LLUVIA EN EXCESO "P_e" USANDO LA ECUACIÓN (1) (SECC. V.1.3) PROPUESTA POR CHOW; LO QUE NOS DA UNA LLUVIA EN EXCESO $P_e=2.51$ CM

EL VOLUMEN DE LLUVIA ESCURRIDO, SE OBTENDRÁ MULTIPLICANDO LA LLUVIA EN EXCESO P_e POR EL ÁREA DE LAS SUBCUENCAS # 3 Y # 4, PARA LA TORMENTA DE ANÁLISIS:

$$V_{LLUVIA} = A \times P_e$$

CUENCA # 3 $V_{LLUVIA} = 0.1471 \times 2.51 \times 10^4 = 3\ 692.2 \text{ M}^3$

SUBCUENCA # 4 $V_{LLUVIA} = 0.0525 \times 2.51 \times 10^4 = 1\ 568.7 \text{ M}^3$

CON LOS VOLUMENES DE LLUVIA ANTERIORES Y LOS VOLUMENES DE AZOLVE MEDIDOS EN LAS CUENCAS # 3 Y 4, PODEMOS ESTABLECER UNA RELACIÓN ENTRE AMBOS VOLUMENES:

$$K = \frac{V_{AZOLVE}}{V_{LLUVIA}} \times 100$$

$$K_3 = \frac{69 \text{ M}^3}{3\ 692 \text{ M}^3} \times 100 = 1.87 \%$$

$$K_4 = \frac{23 \text{ M}^3}{1\ 568 \text{ M}^3} \times 100 = 1.78 \%$$

SIENDO K EL PORCENTAJE DEL VOLUMEN SÓLIDO ACARREADO POR EL DE LLUVIA.



FOTO # 16



FOTO # 17



FOTO # 18

COMO SE PUEDE OBSERVAR EXISTE UNA PEQUEÑA DISEÑANCIA EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS (K_3 y K_4), ESTO ES PORQUE NO SE HAN HECHO INTERVENIR LAS PENDIENTES MEDIAS DE CADA SUBCUENCA Y QUE ESTAN EN FUNCIÓN DIRECTA CON LOS ESCURRIMIENTOS Y CON EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

HACIENDO INTERVENIR A LAS PENDIENTES, LLEGAMOS A LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$VAZOLVE = K \times VLLUVIA_{(n)} \times \frac{S_{(n)}}{S_m} \quad \dots(1)$$

EN DONDE: $K = \frac{K_3 + K_4}{2} = \frac{0.0137 + 0.0178}{2} = 0.0133$

Y: $S_m = \frac{S_3 + S_4}{2} = \frac{0.2558 + 0.2624}{2} = 0.2591$

SUSTITUYENDO EN (1) TENEMOS:

$$VAZOLVE = 0.0133 \times VLLUVIA_{(n)} \times \frac{S_{(n)}}{0.2591}$$

SIMPLIFICANDO NOS QUEDA:

$$\boxed{VAZOLVE = 0.070 \times VLLUVIA_{(n)} \times S_{(n)}} \quad \dots(2)$$

$S_{(n)}$: PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA DESEADA (n) (TABLA # 1).

$VLLUVIA_{(n)}$: VOLUMEN DE LLUVIA ESCURRIDO EN LA CUENCA DESEADA (n) EN M³.

- DETERMINACIÓN DEL VOLÚMEN DE LLUVIA PARA LA CUBICACIÓN DE LOS DESARENADORES.

EL VOLÚMEN DE SÓLIDOS TRANSPORTADO POR EL VOLÚMEN DE LLUVIA, DEPENDERÁ DE QUE TAN INTENSA SEA LA TORMENTA; LAS LLUVIAS DE ALTA INTENSIDAD TRAERÁN CONSIGO GRAN CANTIDAD DE AZOLVE, NO ASÍ LAS DE BAJA INTENSIDAD, EN EL QUE EL TRANSPORTE DE SÓLIDOS ES CASI NULO, YA QUE GRAN PARTE DEL AGUA LLOVIDA SE INFILTRA, OCACIONANDO QUE HAYA POCO ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

ALGUNOS INVESTIGADORES CONSIDERAN (HUDSON 1971. REF.13) QUE LAS LLUVIAS DE BAJA INTENSIDAD SON LAS MENORES A 25 MM/HR SIENDO ÉSTE EL UMBRAL EROSIVO, Y QUE SOLAMENTE LLUVIAS MAYORES A ESA CANTIDAD SON LAS QUE CAUSAN UNA IMPORTANTE PÉRDIDA DE SUELO.

EN NUESTRO CASO, PARA CALCULAR EL VOLÚMEN DE LLUVIA ESCURRIDO AL MES, SOLO SE TOMARÁN EN CUENTA AQUELLAS ALTURAS DE LLUVIA " P " CUYA INTENSIDAD SEA MAYOR A 10 MM /HR PARA LA DURACIÓN DE TORMENTA CONSIDERADA DE 15 MINUTOS.

TODO LO ANTERIOR HACE QUE PARA EL CÁLCULO DEL VOLÚMEN DE LLUVIA ESCURRIDO EN CADA SUBCUENCA, NO SE DETERMINE A PARTIR DE LAS LLUVIAS MEDIAS MENSUALES.

LA ALTURA DE LLUVIA PROMEDIO MENSUAL " P " PARA LLUVIAS INTENSAS SE OBTUVO DE LO 9 AÑOS DE REGISTRO DEL PLUVIÓGRAFO DE TEQUISISTLÁN, ARROJANDO LOS SIGUIENTES RESULTADOS (TABLA # 16).

UNA VEZ OBTENIDA LA ALTURA DE LLUVIA PROMEDIO MENSUAL " P ", SE LE APLICARÁ LA FÓRMULA DE CHOW (ECUACIÓN (1) SECC. V.1.3) PARA ENCONTRAR LA LLUVIA EN EXCESO PROMEDIO MENSUAL " P_e".

TABLA # 16

MES	ALTURA DE LLUVIA PROM. P (CM)	NÚM. DE LLUVIAS INTENSAS EN 9 AÑOS	NÚM. DE LLUVIAS ESPERADAS EN 1 AÑO PROM.	P _e PROM. MENSUAL (CM)	TOTAL DE P _e ESPERADA AL MES (CM)
MAY	2.620	4	0.44	0.963	0.426
JUN	2.439	32	3.55	0.843	2.992
JUL	2.778	18	2.00	1.031	2.162
AGO	2.371	20	2.22	1.149	2.550
SEP	3.436	20	2.22	1.580	3.507
OCT	3.144	9	1.00	1.354	1.354

DE LA TABLA # 16 ESCOGEREMOS LA MAYOR LLUVIA

EN EXCESO ESPERADA, QUE OCURRE EN EL MES DE SEPTIEMBRE Y ES P_e = 3.507 CM.

CON ESTA ALTURA DE LLUVIA SE OBTENDRÁN LOS VOLÚMENES DE LLUVIA MENSUALES DE DISEÑO, MULTIPLICANDO LA CANTIDAD ANTERIOR POR EL ÁREA DE CADA SUBCUENCA.

UNA VEZ DETERMINADOS LOS VOLÚMENES DE LLUVIA, APLICAREMOS LA EXPRESIÓN QUE NOS DA EL VOLÚMEN DE AZOLVE TRANSPORTADO (ECUACIÓN (2) SECC.V.1.5) Y QUE SERÁ IGUAL A LA CAPACIDAD NETA DE CADA DESARENADOR. LA DIMENSIÓN LARGA DE ELLOS, ESTARÁ DADA POR EL ANCHO DE LA CALLE (20M); EN CUANTO A SU ANCHO HABRÁ 2 MEDIDAS, DE 2.00 Y 1.50 M, LA ENTRADA DE LOS MISMOS ESTARÁ CONSTITUIDA POR REJES DE ACERO CON UN ESPACIAMIENTO DE 10 CM ENTRE ELLOS; FORMANDO ADEMÁS PÁNELES DESMONTABLES PARA LA LIMPIEZA DE LOS DESARENADORES.

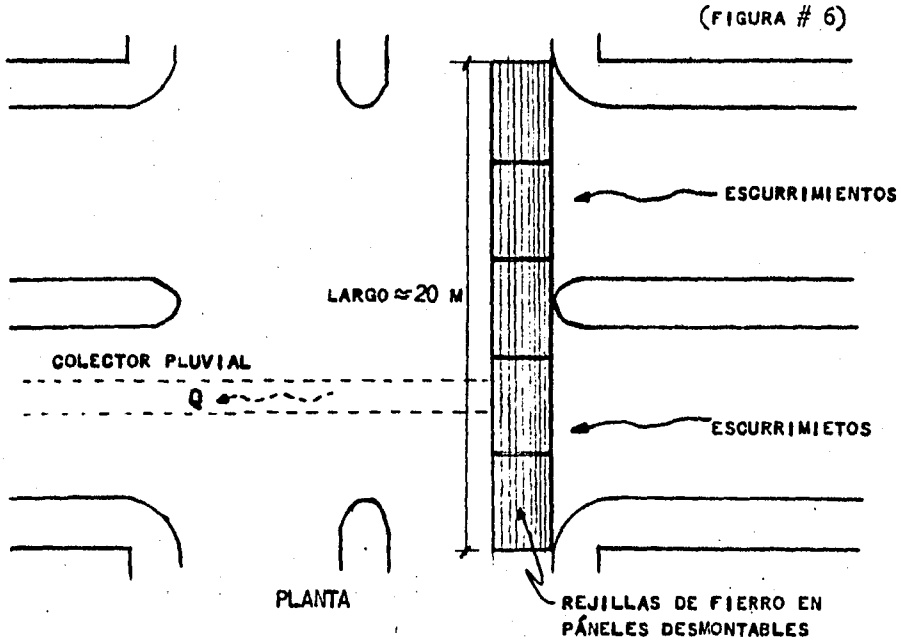
CON LAS 2 MEDIDAS ANTERIORES FIJAS, SOLO NOS QUEDARÁ POR ENCONTRAR LA PROFUNDIDAD. (TABLA # 17)

TABLA # 17

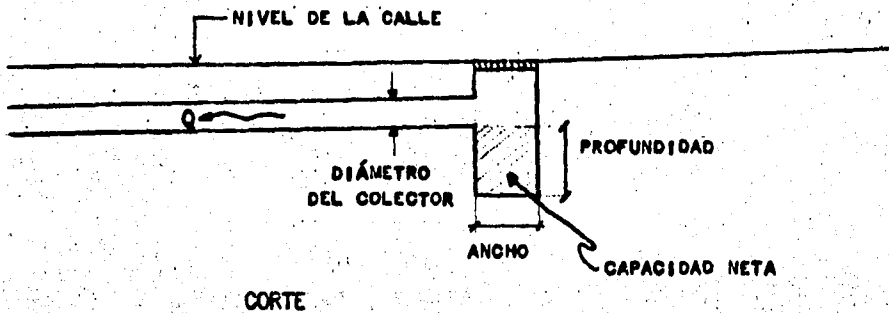
CUENCA #	A (Km ²)	P _e (CM)	V LLUVIA (M ³)	SMEDIA	VAZOLVE (M ³)	DIMENSIONES (M)		
						LARGO	ANCHO	PROF.
1	0.1304	3.507	4 573.13	0.2952	94.50	20.00	2.00	2.36
2	0.1203	"	4 236.45	0.3039	90.12	"	"	2.25
3	0.1471	"	5 158.80	0.2558	92.37	"	"	2.30
4	0.0625	"	2 191.87	0.2624	40.26	"	1.50	1.34
5	0.0763	"	2 675.84	0.3053	57.18	"	"	1.90
6	0.0542	"	1 900.79	0.2961	39.39	"	"	1.31
7	0.0650	"	2 279.55	0.1907	30.42	"	"	1.02
8	0.0742	"	2 602.20	0.2830	51.54	"	"	1.71
9	0.0692	"	2 426.84	0.3258	55.34	"	"	1.84

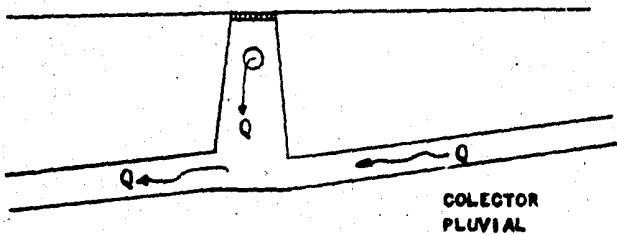
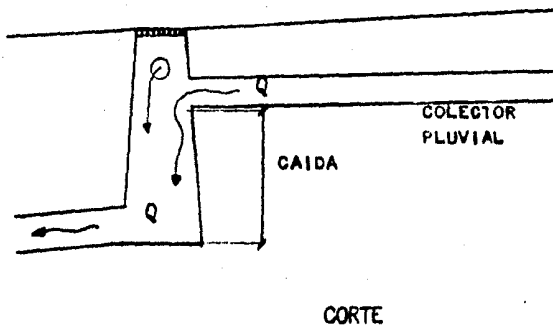
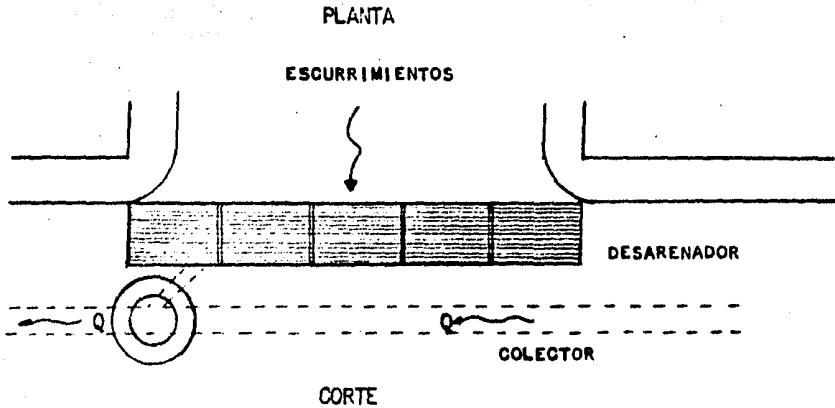
UNA VEZ DIMENSIONADOS LOS DESARENADORES, ES NECESARIO CONOCER LA FRECUENCIA DE LIMPIEZA QUE SE LE VA A DAR A CADA UNO DE ELLOS. ÉSTE MANTENIMIENTO SERÁ EN BASE AL TOTAL DE LLUVIA EN EXCESO ESPERADO AL MES (TABLA # 16); SIENDO DE APROXIMADAMENTE DE UNA VEZ AL MES SU LIMPIEZA.

EN LAS SIGUIENTES FIGURAS SE MUESTRAN CORTES ESQUEMATICOS Y ALGUNOS DETALLES DE LOS DESARENADORES.



DESARENADORES DE CABECERA (D1,D2,D3,D4,D8; SEGÚN PLANOS 4 Y 5).





(FIGURA # 7)

V.2. TRAZO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES PLUVIALES.

UNA VEZ QUE SE HAYA ELIMINADO LA ARENA PROVENIENTE DE LOS CERROS; SE PROCEDE A CONducIR EL AGUA POR CONDUCTOS DE SECCIÓN CIRCULAR HASTA DESCARGAR AL MAR, EVITANDO ASÍ INUNDACIONES EN LAS ZONAS BAJAS DE LA CIUDAD.

EL PROBLEMA SERÁ PUES, EL DE CALCULAR EL DIÁMETRO DE LA SECCIÓN, TENIENDO COMO DATOS EL GASTO QUE CIRCULA Y LA PENDIENTE DEL TUBO.

EL GASTO QUE CIRCULA POR LOS COLECTORES, CONTARÁ CON 2 RESTRICCIONES: VELOCIDAD MÍNIMA Y VELOCIDAD MÁXIMA.

LA VELOCIDAD MÍNIMA PRETENDE QUE EL SISTEMA SEA AUTOLIMPIANTE, ESTO ES EVITAR LOS AZOLVES EN EL INTERIOR DEL TUBO, ESTA VELOCIDAD SE CONSIDERA DE 0.60 M/S.

LA VELOCIDAD MÁXIMA ES PARA EVITAR LA EROSIÓN EN EL INTERIOR DEL TUBO Y ES DEL ORDEN DE 3 M/S.

APOYÁNDONOS EN LAS ECUACIONES DE LA HIDRÁULICA:

$$Q = AV \quad \text{EG. DE CONTINUIDAD} \quad \dots\dots(1)$$

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad \text{EG. DE MANNING} \quad \dots\dots(2)$$

DONDE Q : GASTO QUE CIRCULA EN EL TUBO (M³/S).

A : ÁREA HIDRÁULICA DE LA SECCIÓN (M²).

V : VELOCIDAD DEL FLUJO (M/S).

S : PENDIENTE DEL TUBO.

R_h : RADIO HIDRÁULICO (M).

DEFINIENDO A R_h COMO: $R_h = \frac{A}{P}$

SIENDO P : PERÍMETRO MOJADO DE LA SECCIÓN (M).

n : COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

HACIENDO INTERVENIR, LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD EN LA DE MANNING

TENEMOS:

$$Q = \frac{A}{R} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots(3)$$

PARA LAS CONDICIONES DE TUBO LLENO, SE TIENE QUE:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \dots\dots(4)$$

Y $P = \pi D$

POR LO TANTO: $R_h = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$

$$R_h^{2/3} = \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \dots\dots(5)$$

DE LA EC. (3) OBTENEMOS EL LLAMADO FACTOR DE CONDUCCIÓN DE LA SECCIÓN:

FACTOR DE CONDUCCIÓN $\frac{A R_h^{2/3}}{S^{1/2}} = \frac{Q \eta}{S^{1/2}} \dots\dots(6)$

TRABAJANDO EL TUBO LLENO, SUSTITUIAMOS (4) Y (5) EN (6):

$$\frac{\pi D}{4} = \frac{Q \eta}{S^{1/2}} \dots\dots(7)$$

DESPEJANDO AL DIÁMETRO DE LA SECCIÓN DE LA EC. (7) Y CONSIDERANDO

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN ($\eta = 0,015$) TENEMOS QUE:

$$D = \left(0,0481255 - \frac{Q}{S^{1/2}}\right)^{2/3} \dots\dots(8)$$

QUEDANDONOS QUE EL DIÁMETRO DE LA SECCIÓN, ESTA EN FUNCIÓN DEL GASTO MÁXIMO QUE CONDUCE (PARA T = 10 AÑOS) Y LA PENDIENTE DEL TUBO.

EL GASTO MÁXIMO QUE DRENARÁ CADA ÁREA TRIBUTARIA

DE LOS COLECTORES, ESTARÁ DADO POR LA FÓRMULA REGIONAL:

$$Q = 27,78 C A \dot{i} \dots\dots(9)$$

Q : GASTO EN LTS/S.

C : COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C = 0,25 GLOBAL (VER TABLA # 18; CASAS SOLAS Y ÁREAS NO DESARROLLADAS).

Ġ : INTENSIDAD DE LLUVIA CON LA CUAL OCURRE EL QMAX, Ġ = 9,45 CM/HR (TABLA # 13).

A : ÁREA DE LA SUPERFICIE DRENADA (HAS).

SUSTITUYENDO LOS VALORES ANTERIORES EN LA EC.(9)

NOS QUEDA:

Q 27.78(0.25) A (9.45)

Q 65.63 A(10)

COMO SE OBSERVA, LOS GASTOS MÁXIMOS QUEDAN UNICAMENTE EN FUNCIÓN DEL ÁREA " A ".

ATOTAL 317.67 HA

AGOLECTOR CENTRAL 186.72 HA 58.78 %

AGOLECTOR ORIENTE 62.45 HA 19.66 %

AGOLECTOR PONIENTE 68.50 HA 21.56 %

ESTAS ÁREAS TRIBUTARIAS SE OBSERVAN EN EL PLANO # 3. NOS RESTA TAN SOLO CUANTIFICAR LOS GASTOS QUE APORTAN LAS ÁREAS TRIBUTARIAS (EC. 10), PARA CON ELLO DIMENSIONAR LOS COLECTORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS (EC.8).

LA SECUENCIA DE CÁLCULO DE CADA COLECTOR SE MUESTRA EN LAS TABLAS SIGUIENTES.

EL TRAZO DE LOS COLECTORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS SE MUESTRA EN EL PLANO # 4.

CANTIDADES DE OBRA.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
1. EXCAVACIÓN CON MÁQUINA PARA ZANJAS EN MATERIAL TIPO "B".	50 738.00	M ³
2. PLANTILLA APISONADA CON PISÓN DE MANO, CON MATERIALES "A" Y/O "B".	2 346.00	M ³
3. RELLENO DE ZANJAS CON MATERIALES "A" Y/O "B".	39 173.00	M ³
4. TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE:		
380 MM DE DIÁMETRO	125	M
450 " "	740	M
5. TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE:		
610 MM DE DIÁMETRO	1 030	M
760 " "	1 270	M
910 " "	1 265	M
1070 " "	1 045	M
1220 " "	610	M
1520 " "	715	M
1830 " "	1 015	M
2130 " "	570	M
2440 " "	575	M
6. POZO DE VISITA TIPO COMÚN (DE 20 A 60 CM DE DIÁMETRO).	18	POZO
7. POZO DE VISITA TIPO ESPECIAL (DE 76 A 122 CM DE DIÁMETRO).	34	POZO
8. CAJA DE VISITA (DE 122 CM DE DIÁMETRO EN ADELANTE).	16	CAJA
9. POZO DE VISITA CON CAIDA ADOSADA.	26	POZO
10. COLADERA PLUVIAL DE 12M DE LONGITUD.	22	PZA.

COLECTOR CENTRAL												
POZO	LONG. TRAMO (M)	LONG. ACUM. (M)	AREA (HA)	AREA ACUM. (HA)	QMAX (l ³ /s)	COTA TERRENO (M)	SCALLE	COTA PLANTILLA (M)	ESC. (M)	DGALC. (M)	DCOMER. (M)	STUBO
1		0	6.5	0	0.427	44.00		42.32	1.63			
2.	140	140	6.5	6.5	0.427	41.00	0.0214	38.75 37.76	2.24 3.24	0.46	0.60	.0254
3	90	230	11.31	17.81	1.168	37.60	0.0378	35.47 33.97	2.13 3.63	0.07	0.60	.0254
4	100	330	11.83	29.64	1.945	34.50	0.0310	32.51 30.51	1.99 3.99	0.90	0.91	.0146
5	100	430	7.80	37.44	2.457	31.50	0.0300	29.33 27.83	2.17 3.67	1.03	1.07	.0118
6	75	505	7.99	45.43	2.981	29.30	0.0293	26.94 25.44	2.36 3.86	1.11	1.07	.0118
7C	100	605	7.63	53.06	3.482	27.00	0.0123	24.45 22.95	2.55 4.05	1.21	1.22	.0099
D5	95	700	6.17	59.23	3.807	24.50	0.0263	22.25 20.25	2.25 4.25	1.33	1.52	.0074
D6	115	815	8.54	67.77	4.447	22.00	0.0217	19.40 18.40	2.00 3.60	1.40	1.52	.0074
8C	125	940	12.75	80.52	5.284	21.00	0.0030	17.43	3.52	1.50	1.52	.0074
D7	65	1005	2.97	83.49	5.479	20.50	0.0077	17.11	3.39	1.59	1.83	.0057
9C	65	1070	12.95	96.44	6.329	20.00	0.0077	16.74	3.26	1.68	1.83	.0057
10C	120	1190	3.67	100.11	6.570	19.00	0.0033	15.97	3.21	1.71	1.83	.0057
11C	95	1285	2.30	102.41	6.721	18.00	0.0105	15.25 14.25	2.75 3.75	1.72	1.83	.0057
12C	120	1405	2.50	104.91	6.885	16.50	0.0125	13.57 12.57	2.93 3.93	1.74	1.83	.0057
13C	100	1505	1.00	105.91	6.950	14.80	0.0170	12.00 10.50	2.80 4.30	1.74	1.83	.0057
14C	100	1605	14.71	120.62	7.916	13.00	0.0180	9.93 8.93	3.07 4.07	1.83	1.83	.0057
15C	85	1690	21.41	142.03	9.321	11.50	0.0176	8.53 7.03	2.97 4.47	2.02	2.13	.0047
16C	100	1790	2.08	144.11	9.457	10.50	0.0100	6.56 6.06	3.94 4.44	2.03	2.13	.0047
17C	130	1920	10.00	154.11	10.114	9.00	0.0038	5.45 4.45	3.55 4.55	2.08	2.13	.0047
18C	130	2050	4.50	158.61	10.403	7.50	0.0115	3.84 3.34	3.66 4.16	2.10	2.13	.0047
19C	125	2175	3.60	162.21	10.645	6.00	0.0120	2.75 1.75	3.25 4.25	2.12	2.13	.0047
20C	120	2295	1.75	163.96	10.730	5.00	0.0083	1.28	3.72	2.21	2.44	.0039
21C	130	2425	7.03	170.99	11.222	4.00	0.0077	0.77	3.22	2.24	2.44	.0039
22C	125	2550	2.15	173.14	11.363	3.50	0.0040	0.51	2.99	2.54	2.44	.0021
23C	130	2680	1.14	174.28	11.437	3.00	0.0038	0.25	2.75	2.56	2.44	.0020
D30	70	2750	2.50	176.78	11.602	2.50	0.0071	0.00	2.50	2.31	2.44	.0036

COLECTOR ORIENTE												
POZO	LONG. TRAMO (M)	LONG. ACUM. (M)	AREA (HA)	AREA ACUM. (HA)	QMAX (M ³ /S)	COTA TERRENO (M)	SCALLE	COTA PLANTILLA (M)	ESC. (M)	D.CALC. (M)	D.COMER. (M)	STUBO
10	0	0	3.00	0	0.197	20.00	0.032	18.32	1.63	0.33	0.38	0.032
20	125	125	13.04	3.00	1.053	16.00	0.028	14.32 12.82	1.63 3.18	0.69	0.75	0.0135
30	125	250	8.00	16.04	1.578	12.50	0.020	10.51 9.51	1.99 2.99	0.84	0.91	0.0146
40	130	375	5.00	24.04	1.906	10.00	0.015	7.69 6.69	2.31 3.31	0.90	0.91	0.0146
50	85	505	5.50	29.04	2.264	8.00	0.024	4.79 3.79	3.20 2.21	1.00	1.07	0.0118
60	65	590	2.00	34.50	2.393	6.00	0.023	3.29	2.71	1.02	1.07	0.0118
70	90	655	1.50	36.54	2.497	4.50	0.011	2.52	1.98	1.07	1.07	0.0100
80	150	745	2.00	38.04	2.628	3.50	0.0027	1.62	1.88	1.24	1.22	0.0028
90	110	895	1.50	40.04	2.726	3.10	0.0054	1.20	1.90	1.21	1.22	0.0062
100	175	1005	19.33	41.54	3.995	2.50	0.0029	0.52	1.98	1.82	1.83	0.0015
110	175	1180	1.50	60.87	4.093	2.00	0.0029	0.26	1.60	1.84	1.83	0.0015
Desc.	1355	1355	62.37			1.50		0.00	1.50			
COLECTOR PONIENTE												
D8	125	0	7.42	0	0.487	24.00	0.0320	22.00	2.00	0.47	0.45	0.032
1P	125	125	2.29	7.42	0.637	20.00	0.033	18.00 17.00	2.00 3.00	0.54	0.60	0.0254
2P	120	245	2.29	9.71	0.786	16.00	0.016	13.95	2.05	0.58	0.60	0.0254
D9	130	370	6.92	12.00	1.242	14.00	0.0115	10.78	3.22	0.80	0.76	0.0115
3P	120	500	2.29	18.92	1.392	12.50	0.0125	9.29	3.21	0.83	0.91	0.0125
4P	120	620	2.29	21.21	1.542	11.00	0.0083	7.79	3.21	0.93	0.91	0.0033
5P	100	740	21.67	23.50	2.964	10.00	0.020	6.79 5.61	3.21 2.39	1.11	1.07	0.0118
6P	35	840	2.29	45.17	3.115	8.00	0.0286	4.61	3.39	1.17	1.22	0.0099
7P	175	875	2.29	47.46	3.265	7.00	0.0086	4.26	2.74	1.19	1.22	0.0099
8P	80	1050	13.79	49.75	4.498	5.50	0.0125	2.53	2.97	1.41	1.52	0.0074
9P	160	1130	0.00	68.54	4.498	4.50	0.0125	1.94	2.56	1.41	1.52	0.0074
Desc.	1290	1290	68.54			2.50		0.76	1.75			
COLECTOR # 1												
D1	0	0	13.04	0	0.656	19.00	0.025	17.20	1.80	0.60	0.60	0.025
20	120	120	13.04	13.04	0.656	16.00	0.025	14.20	1.80			

COLECTOR # 2												
POZO	LONG. TRAMO (M)	LONG. ACUM. (M)	AREA (HA)	AREA ACUM. (HA)	QMAX (M ³ /s)	COTA TERRENO (M)	SCALLE	COTA PLANTILLA (M)	ESG. (M)	DGALC. (M)	DGOMER (M)	STUBO
02		0		0		20,00		18,20	1,80			
12	120	120	12,08	12,08	0,793	17,00	0,025	15,20	1,80	0,59	0,60	0,0250
22	130	250	3,11	15,19	0,997	15,80	0,009	12,80	3,00	0,68	0,76	0,0185
32	130	380	3,11	18,30	1,201	12,30	0,027	10,40	1,90	0,73	0,76	0,0185
16C	150	530	3,11	21,41	1,405	10,50	0,012	7,63	2,67	0,77	0,76	0,0185
COLECTOR # 3												
D3	40	0	14,71	0	0,965	22,00		20,00	2,00			
13	40	40	14,71	14,71	1,031	21,20	0,020	19,23	1,94	0,67	0,76	0,0165
23	125	165	1,00	15,71	1,619	17,80	0,027	18,26	2,94	0,69	0,76	0,0185
33	60	225	8,96	24,67	1,619	15,40	0,040	15,95	1,85	0,85	0,91	0,0146
43	60	285	1,00	25,67	1,684	13,00	0,040	13,07	2,33	0,86	0,91	0,0146
53	120	405	2,00	27,67	1,816	12,00	0,008	11,57	3,83	0,69	0,91	0,0146
15C	40	445	1,00	28,67	1,882	12,00	0,000	10,69	2,31	0,90	0,91	0,0146
8C								8,94	3,08			
								8,36	3,64			
COLECTOR # 4												
D4	120	0	6,25	0	0,410	27,50		25,50	2,00			
14	120	120	6,25	6,25	0,548	24,00	0,029	22,02	1,98	0,45	0,45	0,029
24	125	245	2,10	8,35	0,548	21,00	0,024	19,02	1,98	0,52	0,60	0,024
9C	140	385	2,10	10,45	0,686	20,00	0,007	17,52	1,98	0,65	0,60	0,0107
								17,52	2,48			
COLECTOR GUAYAS												
1G	110	0	4,57	0	0,300	15,00		13,00	2,00			
2G	110	110	4,57	4,57	0,300	12,00	0,027	10,03	1,97	0,40	0,45	0,027
3G	125	235	3,11	7,68	0,504	8,50	0,028	6,53	1,97	0,48	0,45	0,028
18C	140	375	3,11	10,79	0,708	7,50	0,007	4,99	2,51	0,65	0,60	0,011
COLECTOR COATZACOALCOS												
1Z	50	0	5,63	0	0,339	5,00		3,30	1,70			
2Z	50	50	5,63	5,63	0,339	4,50	0,010	2,80	1,70	0,52	0,60	0,010
3Z	130	180	5,63	11,26	0,739	4,20	0,0023	2,28	1,92	0,80	0,91	0,004
21C	140	320	5,62	16,88	1,108	4,00	0,0014	1,72	2,28	0,94	0,91	0,004
COLECTOR CONSTANCIA												
1S	120	0	4,27	0	0,280	27,20		25,40	1,80			
2S	120	120	4,27	4,27	0,280	23,60	0,030	21,80	1,80	0,38	0,45	0,030
8C	140	260	4,27	8,54	0,560	21,00	0,0186	19,00	2,00	0,53	0,45	0,020

COLECTOR PANTEÓN												
POZO	LONG. TRAMO (M)	LONG. ACUM. (M)	ÁREA (HA)	ÁREA ACUM. (HA)	Q _{MAX} (M ³ /S)	COTA TERRENO (M)	SCALLE	COTA PLANTILLA (M)	ESC. (M)	DCALC (M)	DCOMER (M)	STUDO
1N	40	0	4.33	0	0.317	2.75	0.000	0.95	1.80	0.76	0.76	0.001
2N	120	40	4.33	4.33	0.634	2.75	0.0004	0.91	1.84	0.99	1.07	0.001
3N	130	130	4.33	0.63	0.951	2.70	0.0007	0.79	1.91	1.15	1.07	0.001
4N	140	290	4.33	14.49	1.268	2.60	0.0007	0.66	1.94	1.28	1.22	0.001
100		490		18.32		2.50		0.52	1.98			
COLECTOR VENTOSA												
1V		0		0	0.955	17.00		15.00	2.00			
12C	100	100	14.55	14.55		16.50	0.005	13.50	3.00	0.69	0.76	0.015
COLECTOR PFOGRESO												
1R		0		0	0.356	8.70		6.70	2.00			
2R	90	90	5.42	5.42	0.711	8.30	0.0044	6.34	1.96	0.61	0.76	0.004
3R	180	180	5.42	10.34	1.067	8.00	0.0033	5.96	2.02	0.79	0.76	0.004
4R	120	300	5.42	10.25	1.424	7.50	0.0042	5.50	2.00	0.92	0.91	0.004
7P	180	450	5.44	21.70		7.00	0.0031	4.36	2.14	1.03	1.07	0.004
COLECTOR AZUETA												
1A	120	0	6.26	0	0.411	5.00		3.20	1.80			
2A	120	120	6.26	6.26	0.622	4.60	0.0017	3.00	1.80	0.76	0.76	0.0017
3A	120	240	6.26	12.52	0.822	4.60	0.0017	2.80	1.80	0.96	1.07	0.0017
007	120	360	6.27	10.79	1.233	5.50	0.0075	2.74	1.80	1.50	1.52	0.0004

VI. RECOMENDACIONES

Y

CONCLUSIONES.

LA FORMACIÓN DE ASENTAMIENTOS EN LAS PARTES ALTAS DE LOS CERROS, HA SIDO EL PRODUCTO DE LA FALTA DE OPCIONES DE CRECIMIENTO PARA LA CIUDAD, LO QUE HA LLEVADO A LA OCUPACIÓN ILEGAL Y GENERALMENTE PRECARIA DE ESTAS ZONAS. ÉSTE SECTOR ESTRICTAMENTE HABITACIONAL SE CARACTERIZA (COMO SE COMENTÓ EN CAPÍTULOS ANTERIORES) POR UNA CARENCIA DE TRAZO DEFINIDO, ENCONTRÁNDOSE DISEMINADAS, SIN ORDEN Y EN MUCHOS CASOS POR UNA DIFÍCIL ACCESIBILIDAD A LAS VIVIENDAS.

ESTA OCUPACIÓN INDISCRIMINADA GENERA LA EROSIÓN DE LOS CERROS, PRODUCIENDO DESLAVES DE LOS MISMOS EN LAS ÉPOCAS DE LLUVIAS, SIENDO ÉSTA UNA DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DEL AZOLVAMIENTO.

LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES ESTAN ENCAMINADAS A QUE DISMINUYA O POR LO MENOS SE ESTABILIZE, EL ARRASTRE DEL AZOLVE.

1.-DELIMITAR EL CENTRO DE POBLACIÓN.

ES RECOMENDABLE ESTABLECER UNA ORDENACIÓN Y REGULACIÓN DEL DESARROLLO URBANO DEL PUERTO, ES DECIR ESTABLECER ÁREAS PREVISTAS PARA LA EXPANSIÓN URBANA, ASÍ COMO TAMBIÉN ÁREAS QUE CUMPLAN CON UNA FUNCIÓN DE PRESERVACIÓN DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO, EN EL QUE ESTARIAN CONSIDERADOS LOS ELEMENTOS NATURALES COLINDANTES A LA MANCHA URBANA.

DADAS LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL VALLE, ES NECESARIO REALIZAR ESTUDIOS QUE PERMITAN DETERMINAR OTRAS ZONAS CON APTITUD URBANA, SOBRE LAS GUALES SE PUEDA ENFOCAR EL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD.

2.-REGULARIZAR LA TENENCIA DE LA TIERRA.

UNA VEZ DELIMITADOS LOS CENTROS DE POBLACIÓN, ES

NECESARIO REGULARIZAR LA TENENCIA DE LA TIERRA EN AQUELLAS ZONAS DEL ÁREA URBANA ACTUAL, EN QUE AÚN PERSISTAN SITUACIONES DE ILEGALIDAD Y EN DONDE SEA FACTIBLE LA DOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y LA PRESTACION DE SERVICIOS.

3.-INTEGRACIÓN DE LAS ZONAS ALTAS, A LA CIUDAD.

ES NECESARIO DOTAR A ESTAS ZONAS, DE INFRAESTRUCTURA PARA PODER INTEGRARSE VISUAL Y FUNCIONALMENTE AL PUERTO, PARA ELLO ES RECOMENDABLE HACER UN TRAZO DEFINIDO DE LAS CALLES, PARA PODER ASÍ, TENER UNA BUENA ACCESABILIDAD A LAS VIVIENDAS YA SEA CON CALLES PAVIMENTADAS O CON CAMINOS PEATONALES.

EN CUANTO A LAS VIVIENDAS ES NECESARIO DOTARLAS DE SERVICIOS TALES COMO LUZ, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO, Y EN ESPECIAL DE UNA BUENA SUSTENTACIÓN DE LAS VIVIENDAS POR MEDIO DE MUROS DE RETENCIÓN, DE TAL MANERA QUE SE TENGA CONFINADO AL SUELO Y EVITAR EN LO MAYOR POSIBLE DESPRENDIMIENTOS DEL MISMO.

4.-REFORESTACIÓN DE LOS CERROS PRÓXIMOS A LA CD.

ES CONVENIENTE AUMENTAR LAS ZONAS DE VEGETACIÓN EN LOS CERROS, PARA QUE CON ELLO IMPIDA LA EROSIÓN DE LOS MISMOS, ADEMÁS DE FIJAR LA SUPERFICIE DEL SUELO; ESTA VEGETACIÓN DEBE SER CON ESPECIES APROPIADAS AL CLIMA Y AL TIPO DE SUELO.

CONCLUSIONES.

EL REALIZAR LA CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL, NO IMPLICA QUE SE RESUELVAN LOS PROBLEMAS DEL PUERTO, SINO QUE ES SOLO, UNA MÁS DE LAS ACTIVIDADES PRIORITARIAS TENDIENTES A SOLUCIONARLOS.

ENTRE LAS VENTAJAS QUE SE PUEDEN CONSIDERAR TENEMOS:

- A) MEJORA NOTABLEMENTE EL ASPECTO DEL PUERTO.
- B) FACILITA LA TAREA DE LIMPIEZA.

C) DISMINUYE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

D) EVITA LAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS.

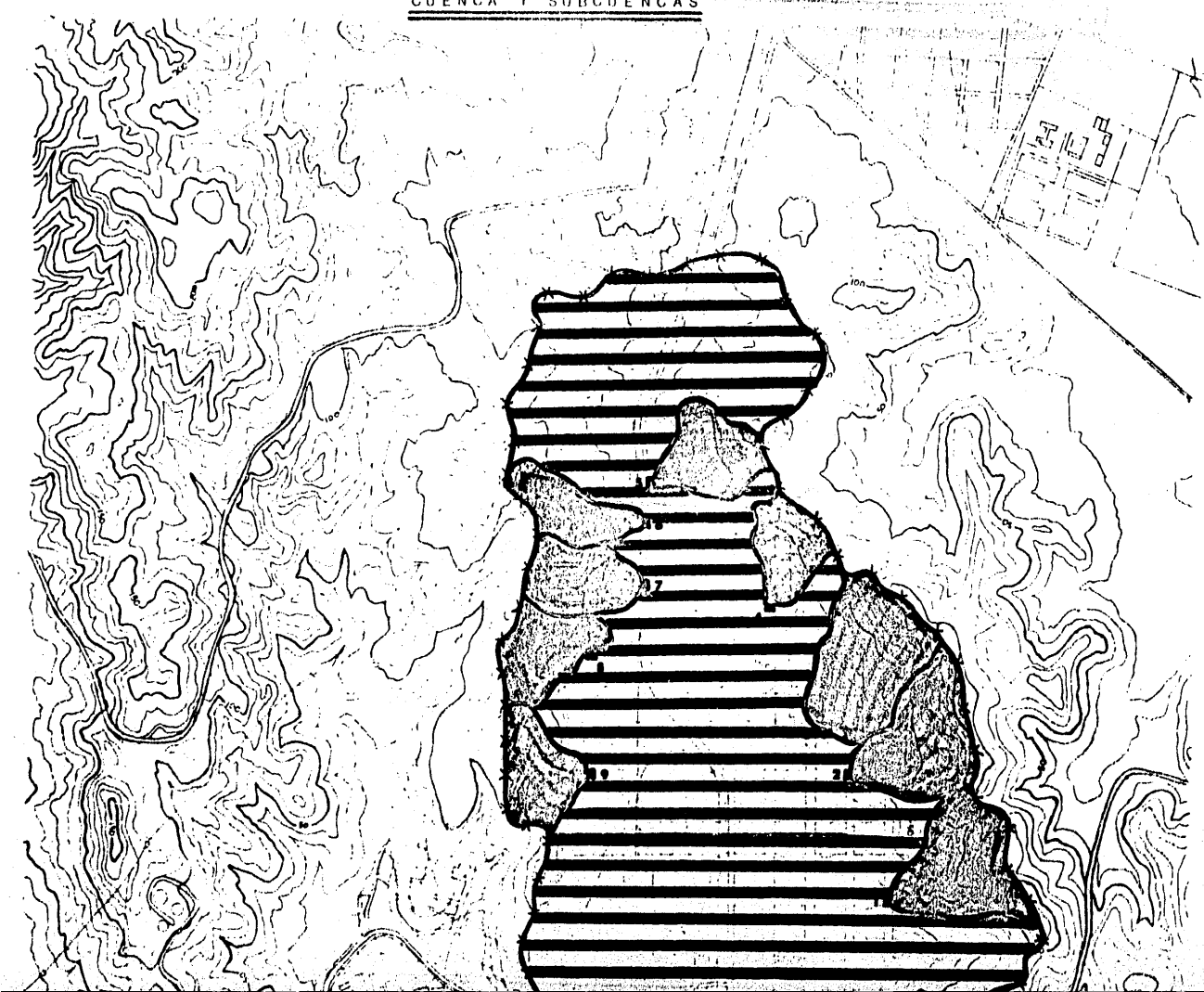
E) DISMINUYE EL MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS.

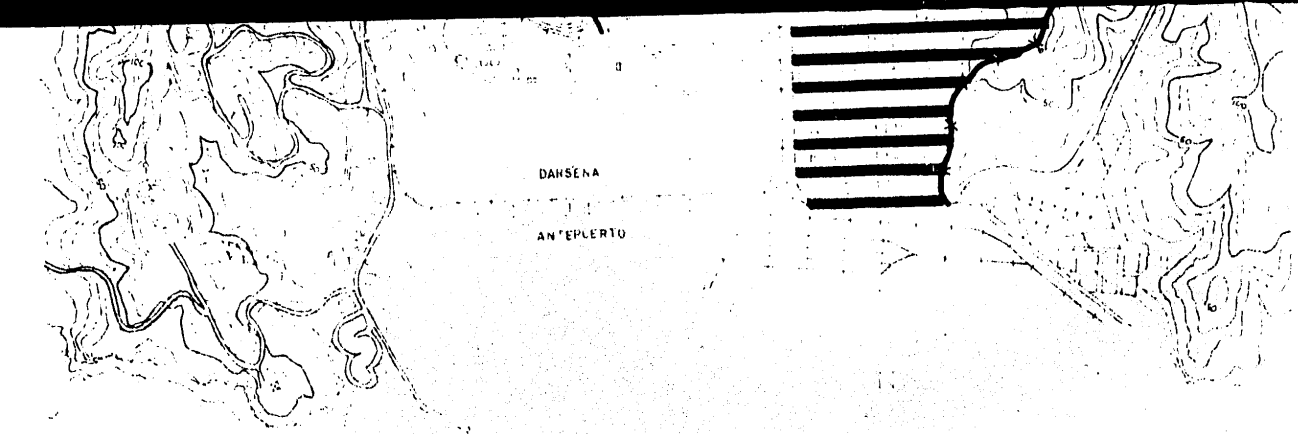
F) Y EN GENERAL AUMENTA LA VIDA ÚTIL DE LAS AUTOMOVILES, APARATOS ELÉCTRICOS, MAQUINARIA, ETC.




BIBLIOGRAFIA.

- 1.- PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO METROPOLITANO, SALINA CRUZ OAX.
- 2.- PLAN DE DESARROLLO URBANO, ESTADO DE OAXACA, SALINA CRUZ, TOMO IYII.
- 3.- PLAN PARCIAL DE DESARROLLO URBANO DEL NUEVO DISTRITO DE CRECIMIENTO, SALINA CRUZ OAX.
- 4.- ROLANDO SPRINGAL G. DRENAJE EN CUENCAS PEQUEÑAS, INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 5.- ROLANDO SPRINGAL G. ESCURRIMIENTO EN CUENCAS GRANDES, INSTITUTO DE INGENIERIA U. N.A.M.
- 6.- ROLANDO SPRINGAL G. HIDROLOGIA PRIMERA PARTE, INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 7.- ROLANDO SPRINGAL G. ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO CERRO GORDO, QRO. INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 8.- FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M. ANALISIS ESTADISTICOS Y PROBABILISTICOS DE DATOS HIDROLOGICOS, HIDROLOGIA SUPERFICIAL.
- 9.- D.V. LINDGREN, STATISTICAL THEORY.
- 10.- C.F.E. MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, HIDROTECNIA HIDRAULICA FLUVIAL.
- 11.- RAY K. LINSLEY & JOSEPH B. FRANZINI, INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS, C.E.C.S.A.
- 12.- GILBERTO SOTELO A. APUNTES DE HIDRAULICA II, FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 13.- H.J. KIRKBY & R.P.C. MORGAN, EROSION DE SUELOS, LIMUSA.
- 14.- S.A.H.O.P. NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOCALIDADES URBANAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.
- 15.- MARIA LUISA LEAL, LOS PUERTOS INDUSTRIALES DE MEXICO, CIENCIA Y DESARROLLO NUM.39.
- 16.- APUNTES DE LA CLASE DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO, ARNULFO PAZ S.
- 17.- LOS DATOS DE LLUVIA FUERON PROPORCIONADOS POR LA S.A.R.H. Y S.M.N.

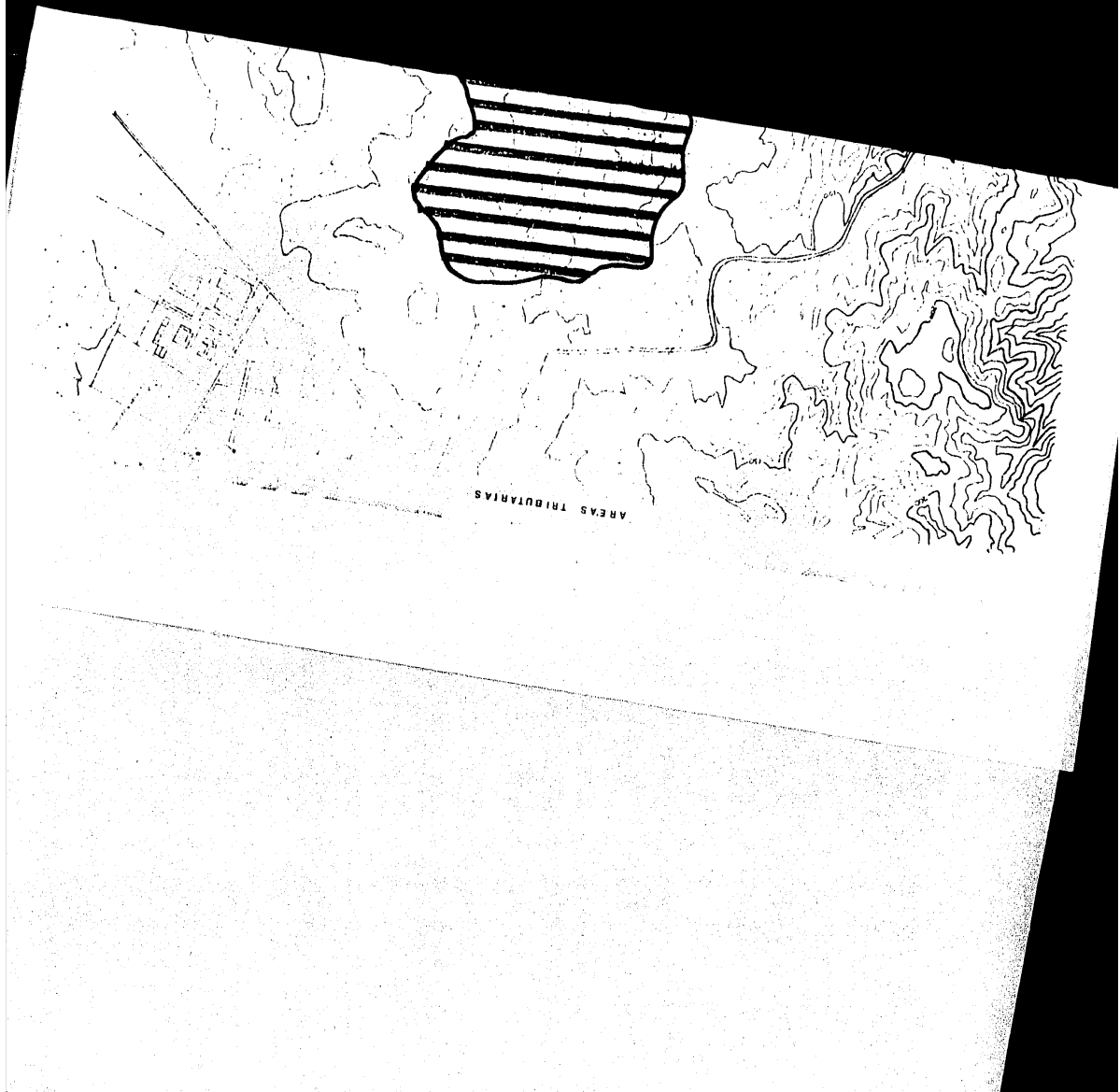
CUENCA Y SUBCUENCAS





-  Parteaguas de la cuenca
-  Parteaguas de las subcuencas
-  Desarenadores

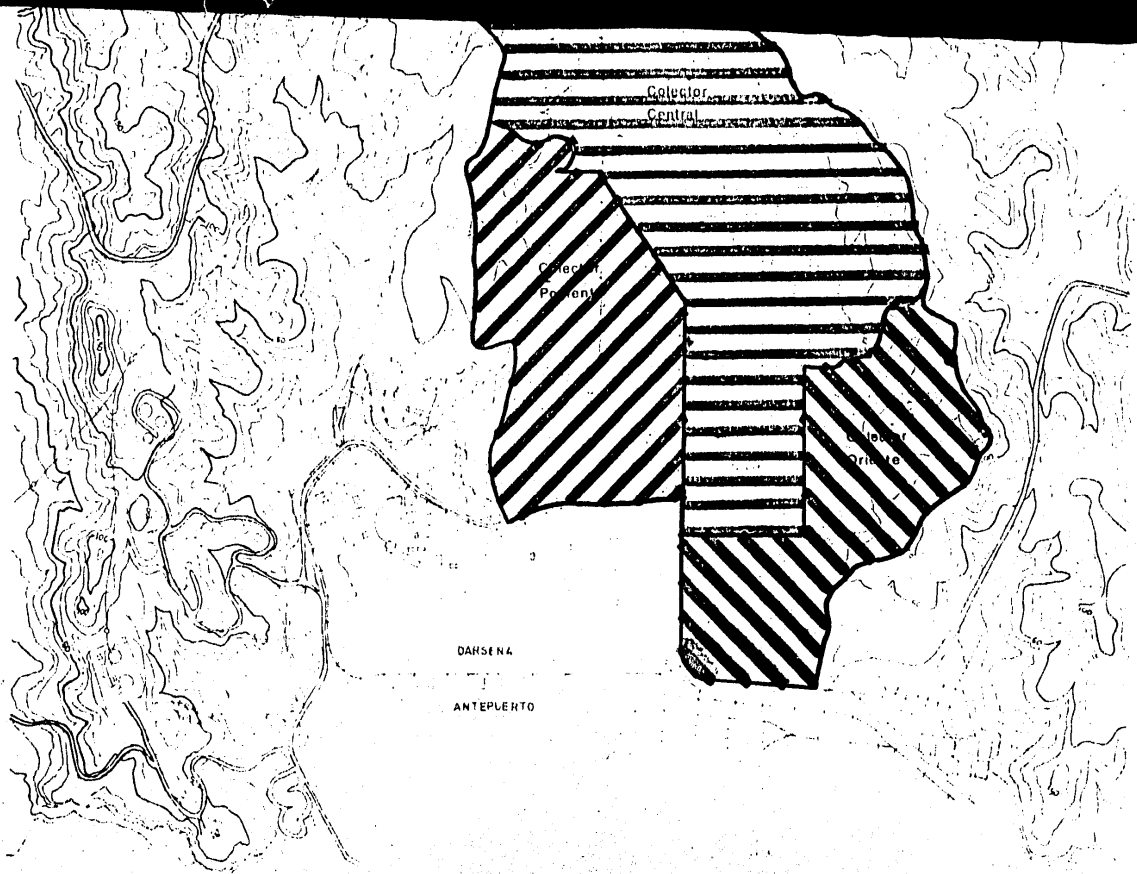
UNAM	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PLANO NUM. 2	ESC 1:10 000



AREAS TRIBUTARIAS



AREAS INDIUTARIAS

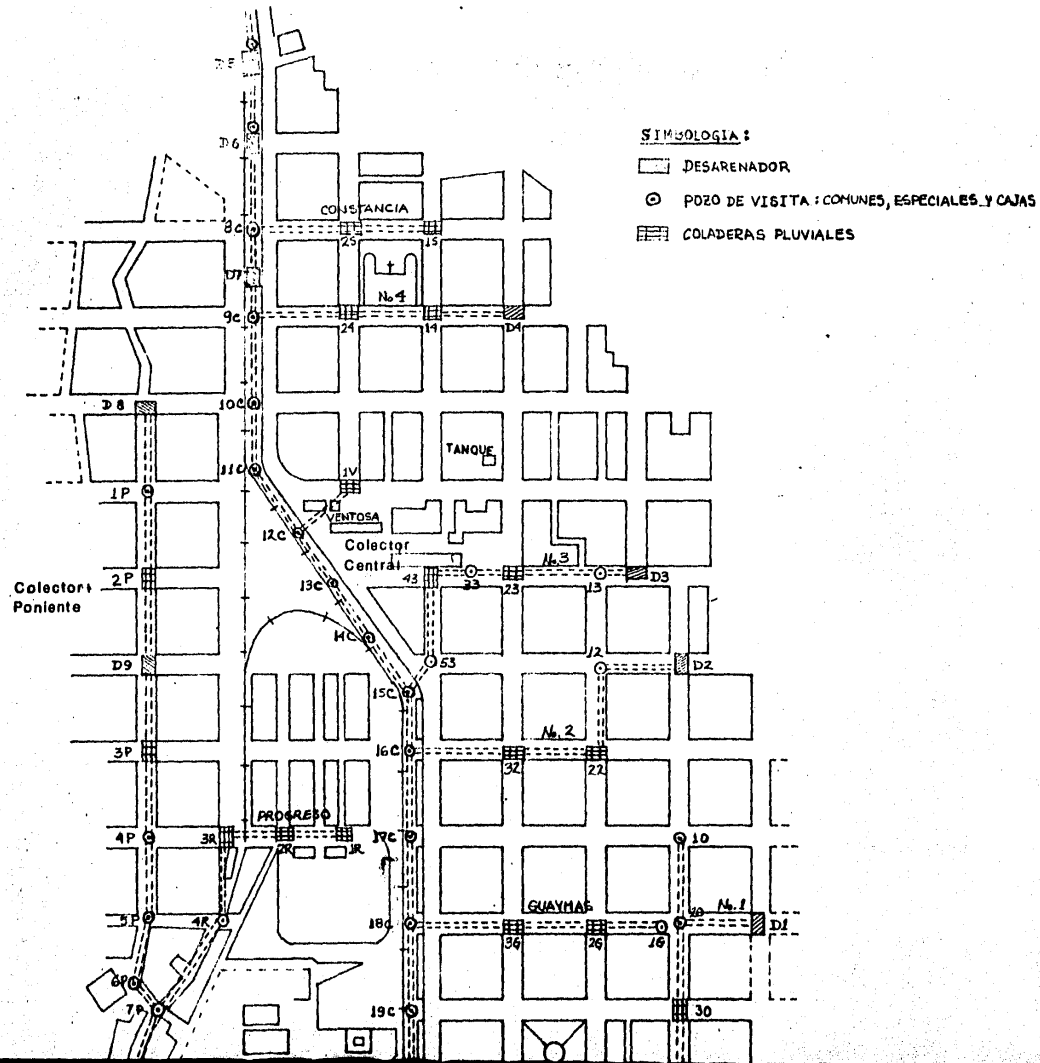


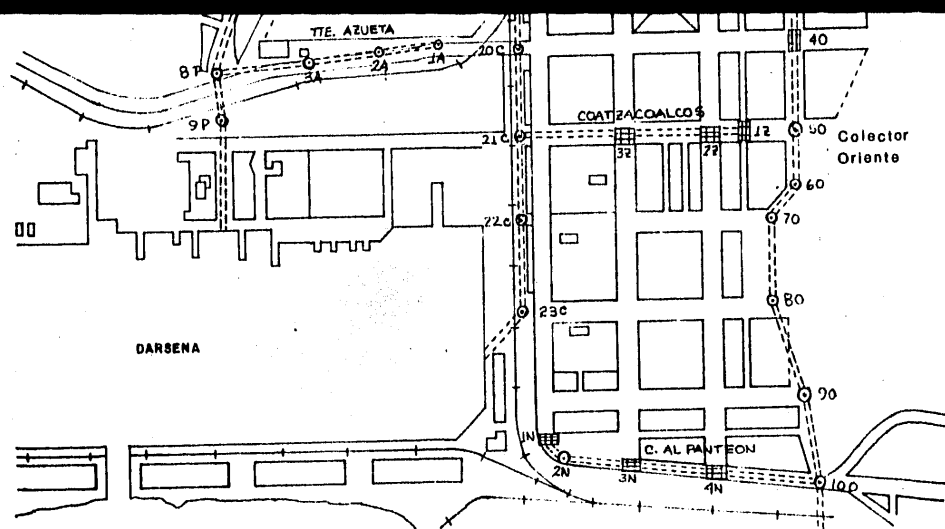
DARSENA

ANTEPLEERTO

UNAM	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PLANO NUM. 3	ESC 1:10 000

COLECTORES PRINCIPALES





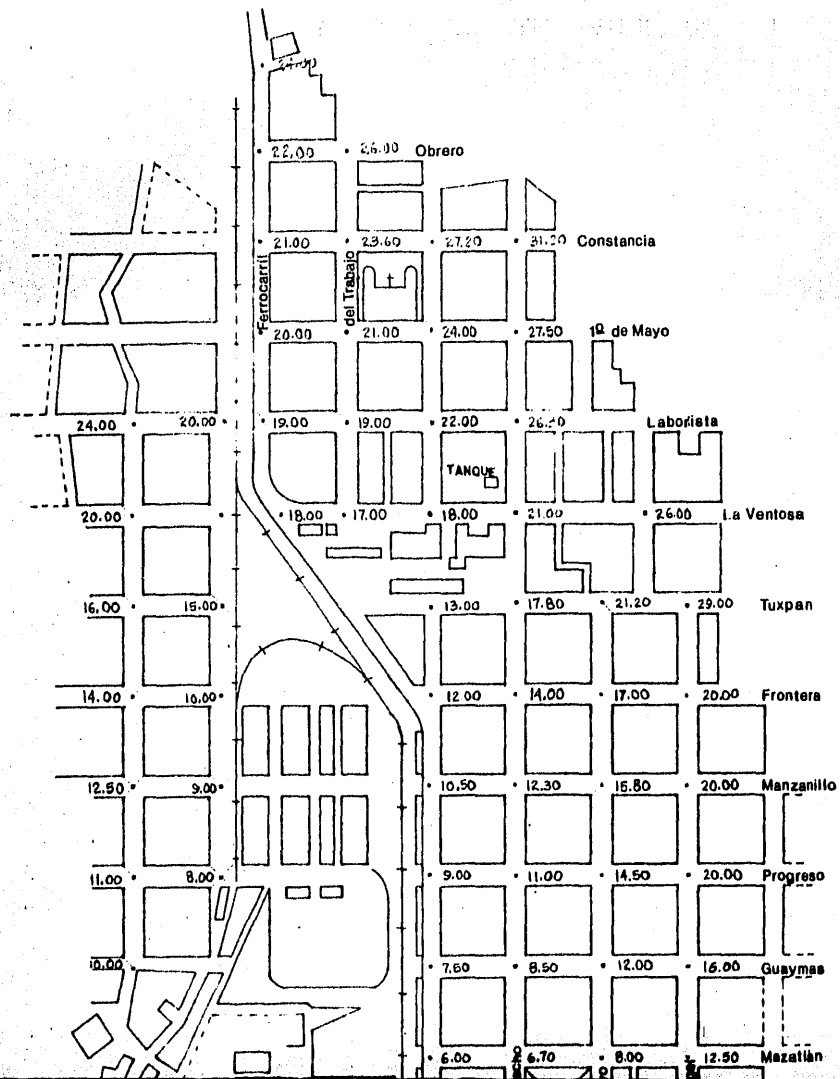
NOTACION:

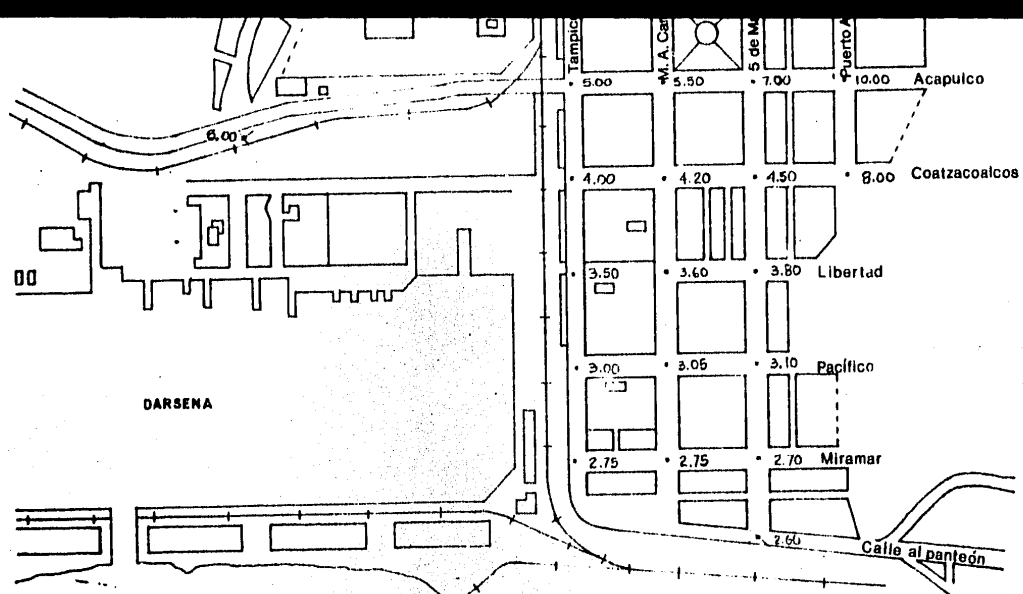
- 87: Desarenador de la cuenca No. 7
- 9C: Pozo de visita No. 9 del Colector Central.
- 20: Pozo de visita No. 2 del Colector Oriente.
- 5P: Pozo de visita No. 5 del Colector Poniente



UNAM	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PLANO NUM. 4	ESC 1:5 000

EL ELEVACIONES DEL TERRENO NATURAL





UNAM	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PLANO NUM. 5	ESC 1:5 000