

300615

1
rej.



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

ESTIMACION DEL GASTO DE DISEÑO PARA
PROYECTO DE UNA OBRA DE PROTECCION EN
EL RIO SALADO, JAL.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Guillermo Buendía Espinosa

Director de Tesis

M. en I. Francisco Javier Ribe Martínez de Velasco

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1991



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 está 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.

ESTIMACION DEL GASTO DE DISEÑO PARA EL PROYECTO DE UNA OBRA
DE PROTECCION EN EL RIO SALADO, JAL.

INTRODUCCION.

CAPITULO I CONSIDERACIONES HIDROLOGICAS.

A	INTRODUCCION.	1
B	ASPECTOS HIDROLOGICOS.	2
C	INFORMACION HIDROLOGICA.	4
D	IMPORTANCIA DE LAS AVENIDAS.	6

CAPITULO II GENERALIDADES DE LOS METODOS DE ESTIMA-
CION.

A	METODOS PARA ESTIMACION DE AVENIDAS MA- XIMAS.	9
---	---	---

CAPITULO III DESCRIPCION DE METODOS UTILIZADOS.

A	INTRODUCCION.	15
B	METODOS ESTADISTICOS O PROBABILISTICOS.	15
C	HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR.	36
D	METODO RACIONAL.	38

CAPITULO IV CALCULO DEL GASTO DE DISEÑO EN EL RIO -
SALADO, ESTADO DE JALISCO.

39

A	INFORMACION GENERAL.	39
B	INFORMACION DISPONIBLE Y RECOPIACION DE DE DATOS.	41
C	PROGRAMA Y CALCULO PARA EL DISEÑO DEL -- GASTO.	43
D	RESULTADOS.	53
	CONCLUSION.	99
	BIBLIOGRAFIA.	102

INDICE DE CUADROS

		páginas
1	CLASIFICACION DE LAS PRESAS.	57
2	RESUMEN DE GENERALIDADES SOBRE AVENIDAS MAXIMAS.	58
3	CALCULOS BASICOS.	62
4	RESULTADOS DE LOS METODOS "RIO COCULA".	80
5	RESULTADOS DE LOS METODOS "RIO SAN MARTIN".	
6	RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION.	92
7	CALCULO DE NUMERO DE ESCURRIMIENTO.	86
8	RESUMEN DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR - "RIO COCULA".	93

INDICE DE TABLAS

1	VIDA UTIL DE DIFERENTES OBRAS HIDRAULICAS.	59
2	PERIODO DE RETORNO PARA DIFERENTES OBRAS.	60
3	METODO DE GUMBEL.	63
4	METODO DE LEBEDIEV.	64
5	METODO DE PEARSON TIPO III.	68
6	REGISTROS ESTACION "EL SALITRE".	78
7	REGISTROS ESTACION "SAN MARTIN HIDALGO".	79

INDICE DE FIGURAS

1	CICLO HIDROLOGICO.	55
2	RELACION ENTRE LA PRECIPITACION Y ESCURRIMIEN TO TOTAL.	56

INDICE DE GRAFICAS

1	PAPEL DE PROBABILIDAD.	61
2	METODO DE LEBEDIEV.	67
3	ESTACION EL SALITRE "RIO COCULA".	82
4	ESTACION SAN MARTIN HIDALGO "RIO SAN MARTIN".	83
5	METODO SELECCIONADO GUMBEL "RIO COCULA".	84
6	METODO SELECCIONADO GUMBEL "RIO SAN MARTIN".	85
7	CURVA DE ALTURA PRECIPITACION-DURACION, TIPO PARA UNA TORMENTA CONVECTIVA.	90
8	CURVAS DE REDUCCIONES POR AREA Y REDUCCION - DE LA TORMENTA.	91
9	HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR RIO COCULA.	94
10	ENVOLVENTE DE GASTOS MAXIMOS.	97

INDICE DE PROGRAMAS

1	CALCULO DE PRECIPITACION O GASTO.	71
2	CALCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACION.	87

I N T R O D U C C I O N .

El presente trabajo tiene por objeto analizar y cuantificar los volúmenes de las avenidas que se presentan en el sistema hidrológico del Río Salado en el Estado de Jalisco, calculando los gastos de diseño asociado a diferentes períodos de retorno, para proporcionar elementos de juicio para la selección de bordos de protección, bordos marginales, rectificaciones y encauzamientos de cauces, para la protección de inundaciones que se presentan en esta zona de estudio. Estos problemas se presentan a la altura del poblado de Tala - Jalisco, inundando los terrenos de cultivo de los ejidos de Teuchitlán, Castro Urdiales (Pacana), El Refugio y Tala, en una superficie de 1400 hectáreas, ver (plano 2 pag. 70).

Debido que se carece de una estación hidrométrica para obtener aforos de la corriente el estudio se realizará, por el método de transposición de cuencas que básicamente consiste en una superposición de causas y efectos, tomando como cuencas de apoyo las drenadas por los Ríos Cocula y San Martín, hasta las estaciones El Salitre y San Martín Hidalgo, respectivamente, ya que estas estaciones son las más próximas a la cuenca en estudio y sus características climatológicas son semejantes.

Se describe en forma resumida, consideraciones, generalidades y descripciones de algunos métodos para el cálculo de la precipitación y el gasto, basados en la relación lluvia-escu

rimiento, tales como los Estadísticos y Empíricos, que aplicamos para el cálculo de gasto de diseño, para esta zona de estudio. II

Es quizás, el objetivo más esencial de esta tesis, cubrir -- parte del tema sobre las cuestiones hidrológicas en el cálculo de la precipitación y/o el gasto, principalmente este último con diferentes características en cuencas propuestas, - en lo que se refiere a sus particularidades, frecuencias utilizadas, etcétera.

CAPITULO I CONSIDERACIONES HIDROLOGICAS.

A. INTRODUCCION.

Los proyectos para obras hidráulicas indiscutiblemente tienen que estar basados en análisis previos de las condiciones climáticas del área bajo estudio y el componente agua de esa relación es estudiado por medio de la Hidrología.

El agua es factor indispensable en el desarrollo económico y social, sin embargo cuando existen excesos en el suelo ó en la atmósfera, el efecto puede ser negativo.

Para estas obras hidráulicas, es necesario recabar los informes que servirán de base para el diseño y éste a su vez para la construcción. Deben ser hechos con todo cuidado y buen criterio, pues de nada sirve un buen diseño si éste se basa en estudios de campo incompletos, erróneos o deficientes, -- por consiguiente la buena información nos llevará a soluciones satisfactorias tanto técnicas como económicas, dirigidas al estudio y a la construcción apropiada.

Por lo anterior, se ve la necesidad de determinar el gasto de diseño lo más adecuadamente posible, y para esto el Ingeniero se vale de la Hidrología, que se puede definir como la ciencia que trata de las propiedades, la distribución y la circulación del agua en la naturaleza.

B. ASPECTOS HIDROLOGICOS.

Ciclo Hidrológico.

El ciclo hidrológico es de importancia básica para determinar el campo de la Hidrología, la cual comprende la fase entre la precipitación sobre el terreno y su retorno a la atmósfera o al océano; corresponde el análisis de la atmósfera a la Meteorología y el océano a la Oceanografía.

En términos generales, se puede decir que la Hidrología en su desarrollo se inició con la interpretación de los fenómenos físicos involucrados en el ciclo hidrológico. (Fig. 1 pag. 55).

Precipitación.

Precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera.

Para que se origine la precipitación debe previamente producirse la condensación del vapor atmosférico y esto generalmente sucede por enfriamiento de una parte de la atmósfera.

Tipos de Precipitación.

De acuerdo con los fenómenos meteorológicos que les dan nacimiento o que las acompañan, se pueden dividir las precipitaciones en tres clases:

Precipitación por convección, resulta de un tiempo cálido; puede estar acompañada de relámpagos, de truenos y vientos locales.

Precipitación orográfica, se presenta bajo la forma de lluvia o de nieve en las vertientes de la barrera montañosa que están del lado de donde sopla el viento.

Precipitación ciclónica, está asociada al paso de ciclones y está ligada con los planos de contacto (superficies frontales) entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad.

Formas de medición. Aparatos.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de una recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando alturas. Los aparatos de medición se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones en pluviómetros y pluviógrafos.

En la República Mexicana se dispone de aproximadamente 3000 pluviómetros y 400 pluviógrafos. Estos aparatos están operados, principalmente, por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Internacional de Límites y Agua (CILA).

Escurrimiento.

El escurrimiento es parte de la precipitación, así como de -

cualquier otro flujo contribuyente, drenado por las corrientes superficiales de las cuencas hasta su salida.

El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas -- fuentes, y, con base a ellas, se considera el escurrimiento como superficial, subsuperficial o subterráneo.

Para analizar el escurrimiento total puede considerarse compuesto por los escurrimientos directos y base. Este último proviene del agua subterránea, y el directo es el originado por el escurrimiento superficial. En la (fig. 2 pág. 56) - se muestra el ciclo de escurrimiento, indicando las diferentes fases entre la precipitación y el escurrimiento total.

C. INFORMACION HIDROLOGICA.

En todo diseño encaminado a la construcción de obras hidráulicas se hace necesario tener la mayor información hidrológica, la cual puede ser obtenida a diferentes grados de detalle de acuerdo a su utilización e importancia; la información primordial que se analizará tiene influencia en las relaciones precipitación-escurrimiento, precipitación, clima, suelos, vegetación y topografía.

Fuentes de Información.

Las diversas Dependencias Federales que miden, calculan, recopilan y en ocasiones editan la información hidrológica en nuestro país, son las siguientes:

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - (INEGI), de la Secretaría de Programación y Presupuesto - (SPP): contándose con la totalidad de cartas editadas hasta la fecha (topográficas, geológicas, de uso del suelo, de uso potencial, edafológicas y de climas), a escala 1:50000 excepto la última que es a 1:500000. También se dispone de fotografías aéreas a la primera escala, de algunas zonas particulares del país.

Secretaría de la Defensa Nacional (SDN): Se cuenta con un juego completo de cartas topográficas, escala 1: 500 000 y 1:100 000, que cubre la totalidad del Territorio Nacional. También con cartas topográficas escala 1:25 000 del valle de México.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH): De esta Dependencia se tiene la totalidad de Boletines Hidrológicos, que para cada una de las regiones hidrológicas del país ha editado. También se cuenta con los Boletines Hidrológicos que algunas Comisiones de la misma Secretaría han editado. Los Boletines en cuestión contienen prácticamente la totalidad de la información hidrométrica existente en el país y en algunos casos, información de tipo pluviométrico y pluviográfico, aunque esto es en general de carácter muy limitado.

Comisión Internacional de Límites y Agua (CILA)(Dependiente de la Secretaría de Relaciones Exteriores): De este Organismo

mo se cuenta con la casi totalidad de los Boletines Hidrológicos que en forma anual pública, conteniendo los datos hidrométricos y pluviométricos de las estaciones que controlan tanto la Sección Mexicana como la Americana y, parte de la Guatemalteca de dicha Comisión.

Comisión Federal de Electricidad (CFE): De esta Dependencia se tienen Boletines Hidrológicos que ha editado, conteniendo información de carácter hidrométrico y pluviométrico.

La información enlistada está en constante actualización y disponible para quien la solicite.

D. IMPORTANCIA DE LAS AVENIDAS.

En general la aplicación de la Hidrología superficial en el diseño, construcción y operación de una obra hidráulica, se puede resumir en encontrar la solución a las siguientes - - tres cuestiones:

- a) De que cantidad de agua se dispone en la corriente y cuales son sus propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.
- b) Cuanto volumen de material sólido transporta la corriente.
- c) Cual es la magnitud de las avenidas o crecidas en la corriente y cuando se presentan.

Esta última pregunta es difícil de contestar, por ser la que requiere mayor información para dar la óptima evaluación, para toda obra o estructura hidráulica cuyo fin sea dar paso o controlar el agua proveniente de tales avenidas. Todas las obras o estructuras hidráulicas son comunmente, muy costosas y su falla por mal proyecto causaría graves daños materiales, interrupción de los servicios públicos y quizás, la pérdida de vidas humanas (cuadro 1 pág. 57).

El conocimiento anticipado de las avenidas, permite utilizar el intervalo de tiempo que transcurre entre la predicción y su llegada, para alertar a la población y adaptar medidas de seguridad, con lo cual se evitan o contrarrestan los daños.

Por otra parte, la eficacia de la predicción es función de su precisión cuantitativa y de la anticipación con la que se da el aviso. Ambas características de la predicción dependen de la naturaleza de los datos utilizados o de apoyo, pudiendo ser:

- a) Registros de gastos aguas arriba del sitio de pronóstico.
- b) Registro de precipitación.
- c) Predicción de precipitación.

Las predicciones más precisas son las que más pueden anticipar en su aviso (cuencas grandes) y desafortunadamente, las menos precisas son las que sólo se pueden pronosticar a me-

nor plazo (cuencas pequeñas), como se indica a continuación:
 En cuencas grandes ($A > 3000 \text{ Km}^2$), la anticipación con la cual se puede efectuar la alerta es suficiente y de buena garantía, en base a los registros de las estaciones hidrométricas de aguas arriba.

En cuencas medianas ($200 < A < 3000 \text{ Km}^2$), el tiempo que tarda la onda de avenida es corto, y habrá que adelantarse a su formación y predecirla en función de las precipitaciones que las originan.

En cuencas pequeñas ($A < 200 \text{ Km}^2$), el tiempo transcurrido entre la llegada de la lluvia y la presencia de la avenida es bastante corto, por lo que es preciso recurrir a la predicción de las tormentas que generan la avenida, a pesar de los errores que tal método lleve consigo.

Por último, como complemento a las definiciones e ideas generales presentadas, se muestra en el cuadro siguiente, un resumen sobre tópicos en el tema de las Avenidas Máximas (cuadro 2 pág. 58).

Selección del periodo de retorno para el diseño:

Cuando una gran avenida que pase por la estructura, puede causar daños catastróficos y pérdidas de vidas humanas, la avenida de proyecto será la llamada: AVENIDA MAXIMA PROBABLE.

Pero en zonas de menor potencial de daños causados por las avenidas, las avenidas de proyecto es en términos generales aquellos cuya probabilidad de excedencia o período de retorno, permita que el proyecto cumpla con los dos siguientes requisitos: La estructura debe ser económicamente factible, es decir sus costos de construcción y mantenimiento, no excederán al costo de la zona por proteger y sus daños.

Los costos promedios anuales originados por la estructura deben ser minimizados, incluyendo los costos promedio anual, los siguientes: Costo anual de construcción de la estructura, prorrateado en sus años de vida útil o económica. (tabla 1 Pág. 59): Costo de operación y mantenimiento de la estructura: Costo promedio anual de daños en condiciones de proyecto construido (estructura en operación), incluyendo el costo de rehabilitación de la estructura si ésta es dañada por la avenida.

Se define como PERIODO DE RETORNO al promedio, en años, entre la ocurrencia de un evento hidrológico de una magnitud específica y otro igual o mayor.

Como complemento, se citan a continuación la (tabla 2 pág. 60) orientativa sobre la avenida que se debe calcular y los períodos de retorno comunes que se utilizan en el cálculo de las avenidas de algunas obras hidráulicas.

CAPITULO II GENERALIDADES DE LOS METODOS DE ESTIMACION.**A. METODOS PARA ESTIMACION DE AVENIDAS MAXIMAS.**

Para la estimación de una avenida máxima se dispone de variados métodos de cálculo, mismos que pueden ser agrupados en términos generales en orden de importancia creciente (garantía), como sigue:

- a) Métodos Empíricos.
- b) Métodos Históricos.
- c) Métodos de Correlación Hidrológica de cuencas.
- d) Métodos Directos ó Hidráulicos.
- e) Métodos Estadísticos ó Probabilísticos.
- f) Métodos Hidrológicos ó de Relación Lluvia-Escurrecimiento.

Cada uno de los métodos de estimación de las avenidas se describen brevemente a continuación, citándose además sus principales ventajas e inconvenientes de su utilización, así como la garantía de los resultados que reportan.

Métodos Empíricos.

Lo constituyen fórmulas empíricas, las cuales en la actualidad son muy poco utilizables, debido a la existencia de - - otros procedimientos de estimaciones de las avenidas máximas, que utilizan mayor información y toman en cuenta un gran número de factores.

Las ventajas radican en la facilidad y rapidez para estimar la magnitud de una avenida, siendo contratados con datos reales en una determinada cuenca ó región, representándose los resultados obtenidos con estudios racionales de avenidas máximas.

Las desventajas es el EMPIRISMO de todas las fórmulas, por lo tanto, su falta de garantía, ya que su aplicación a cuencas distintas, a aquellas en las que fueron deducidas, implica en algunos casos graves errores debido a las diferentes condiciones climatológicas, geológicas, morfológicas y geográficas de la cuenca.

Métodos Históricos.

Consisten en la investigación y recopilación de datos sobre las avenidas ocurridas en un río ó en un embalse, permitiendo conocer una gran avenida que se presentó hace bastantes años; no permiten preveer la proporción de una avenida mayor a la máxima conocida, lo cual es muy probable que se presente.

Los métodos históricos tienen que vencer dos grandes dificultades para ofrecer datos útiles, estos son:

- 1.- Carencia e insuficiencia de datos (registros históricos).
- 2.- Cálculo numérico de la avenida a partir de los datos recabados, generalmente niveles y no gastos.

Métodos de Correlación Hidrológica de Cuencas.

Cuando en una cuenca bajo estudio no se cuenta con datos hidrométricos y pluviométricos, la estimación de avenida máxima puede intentarse mediante CORRELACION con los datos de gastos máximos de una cuenca próxima, cuyas características climáticas (régimen de precipitaciones, vientos, etc.), topográficas (magnitud, pendiente, altitud, orientación y forma de la cuenca), geológicas (zonas permeables, impermeables, roca, etc.), edafológicas (tipos de suelos, espesores, etc.) y de cobertura vegetal, sean lo más SIMILARES posible con la cuenca en estudio y que en la cuenca vecina su registro hidrométrico sea amplio.

Las ventajas de estos métodos estriba en la mejor utilización de la información hidrométrica y en la estimación racional de la avenida en cuencas con escasez de todo tipo de datos (hidrométricos y de lluvias máximas).

La desventaja, es la dificultad para realizar un análisis y ponderación de todos los factores citados, en la búsqueda de la analogía existente, para establecer los coeficientes de correspondencia entre las dos cuencas.

Métodos Directos o Hidráulicos.

La aplicación de estos métodos (utilización de fórmulas Hidráulicas no debe de omitirse nunca, aunque no cuenta con -- una metodología hidrológica, la mayoría de las veces permiten obtener información bastante útil y con garantía, debido a la posibilidad de fijar con buena precisión las alturas o niveles alcanzados por el agua en tiempos pasados y algunas veces algo remotos, a partir de tales datos es posible determinar el gasto máximo instantáneo.

Resumiendo este método, trata de fijar, en un tramo de río bien definido y característico, las elevaciones máximas alcanzadas por las aguas y calcular, a partir de ellas, el gasto máximo que las produjo, y dando por este método una idea del orden de magnitud de ésta.

Métodos Estadísticos o Probabilísticos.

Hay ocasiones en que cerca del sitio donde se requiere construir un puente existe o existió sobre la misma corriente, alguna estación de aforos con suficientes años de registro para aplicar algunos de los métodos estadísticos que se verán en el capítulo siguiente. Con ellos es posible determi

nar, dentro de un cierto margen de aproximación denominado - intervalo de confianza, el gasto de diseño de la obra hidráulica de que se trate, en función de su vida útil y del período de retorno considerados.

Puesto que el diseño de una obra hidráulica está relacionado con eventos futuros cuyo tiempo de ocurrencia o su magnitud no se pueden prever, debemos recurrir a los mencionados conceptos de probabilidad como lo es el período promedio dentro del cual un gasto especificado puede ser igualado o excedido. La selección del nivel de probabilidad apropiada para el diseño o, en otras palabras, el riesgo que se pueda aceptar de que la obra sea excedida en su capacidad hidráulica, se hace generalmente sobre la base de un criterio económico.

Métodos Hidrológicos o Relación Lluvia-Escorrentamiento.

Estos métodos tienen como objetivo la reconstrucción matemática del proceso ó fenómeno de la formación de la avenida, - suponiendo una lluvia de duración y período de retorno determinado, dentro de lo probable y se calcula el escurrimiento que se genera en un punto de la corriente estudiada, hasta - llegar a trazar el probable hidrograma de la avenida que se calcula.

Sus ventajas, permiten reproducir aceptablemente el fenómeno, en base a la estimación de diversos parámetros, como son las lluvias máximas y las características físicas de la cuenca.

Las desventajas principalmente, es cuando se presentan los - casos en que se tiene que extrapolar alguna de sus variables, ya que los errores debidos a la irregularidad de las lluvias en la cuenca (cuencas montañosas), la indeterminación de la parte de lluvia que absorbe el suelo, son por ejemplo, facto res que podrían distorsionar la estimación de las avenidas a partir de las lluvias.

Sin embargo, en cuencas pequeñas, poco pobladas y sin datos hidrométricos, la determinación de los posibles hidrogramas de avenidas a partir de precipitaciones probables, es en general, el mejor procedimiento a utilizar.

Dentro de los métodos hidrológicos se tiene:

- a) Métodos del Hidrograma Unitario, comprendiendo los Triangulares, Sintéticos, adimensionales, Instantáneos y en S.
- b) Método de las Isocronas (Racional).
- c) Método de las Isoyetas.

Sobre todo dentro de alguno de los métodos hidrológicos del hidrograma unitario, quedan comprendidos la totalidad de los métodos hidrológicos de que se disponen actualmente como son: I-Pai Wu, Chow, Snyder, Gray, U.S. Bureau of Reclamation y - U.S. Soil Conservation Service.

CAPITULO III DESCRIPCION DE METODOS UTILIZADOS.

A. INTRODUCCION.

Para la estimación de una avenida máxima se dispone de variados métodos de cálculo, mismos que pueden ser agrupados en terminos generales, dando una descripción brevemente de cada uno de los métodos aplicados para el cálculo del gasto de diseño para el proyecto de una obra de protección para el Río Salado, citandose además sus principales ventajas e inconvenientes de su utilización, así como la garantía de los resultados que reportan.

B. METODOS ESTADISTICOS O PROBABILISTICOS.

Los métodos Estadísticos permiten estimar las avenidas máximas de un río, a partir de la información hidrométrica, es decir, de las series de precipitaciones y gastos máximos anuales registradas. Los métodos Probabilísticos son cada vez más utilizados, pues la información hidrométrica es cada día mayor y han sido verificados en sus resultados con cierto éxito, cuando las avenidas son producidas únicamente por lluvias sin influencia de nieve o hielo, lo cual es lógico, ya que la función de distribución de lluvias máximas se sujeta mejor que la de los fenómenos de hielo.

Tienen los métodos Probabilísticos el claro inconveniente de

requerir contar en la cuenca con información hidrométrica de avenidas máximas anuales. Pero aquellos casos en que se disponga de una serie amplia y de garantía, los métodos estadísticos permiten obtener unos resultados seguros y aceptables.

Determinación de la Precipitación ó Gasto para el Diseño.

La magnitud de la avenida es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez dependerá de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta, (tabla 1 y 2 págs. 59 y 60).

Para escoger el período de retorno que se le debe dar a una tormenta usaremos la siguiente ecuación:

$$P = 1 - (1-q)^n \quad (1)$$

Donde:

$$q = \frac{1}{T_r} \quad (2)$$

Siendo:

P = Probabilidad de que ocurra esa avenida o una mayor, durante la vida útil de la obra.

n = Vida útil de la obra en años.

q = Probabilidad de que ocurra la avenida en un año en particular.

T_r = Período de retorno de la avenida en años.

Dando un valor a T_r y conociendo la vida útil de la obra se conocerá la probabilidad de incidencia de la avenida correspondiente a ese T_r con base a P , durante la vida útil de la obra.

Para el diseño de la precipitación ó gasto, se requiere de un análisis hidrológico y económico del problema. Conforme aumenta el tamaño de la avenida de diseño, el costo de la obra crece y al mismo tiempo, la probabilidad de riesgo disminuye.

Se representará la ordenada con el valor \bar{X} (precipitación o gasto máximo anual) y la abscisa representa la probabilidad (gráfica 1 pág.6) En la escala de la ordenada como la de las abscisas están diseñadas de tal manera que la distribución quede representada por una línea recta y los puntos correspondientes a los datos, si se ajustan a la distribución de esa papel, queden cerca de dicha línea recta.

El objeto de usar el papel de probabilidad es el de linealizar la distribución de manera que los datos graficados se puedan analizar fácilmente para propósitos de comparación ó extrapolación. En este último caso el efecto de los errores de muestreo frecuentemente se hace muy grande, teniéndose en cuenta este efecto al interpretar la información extrapolada gráficamente.

Descripción de Métodos Estadísticos o Probabilísticos.

Se describe a continuación en forma breve, algunos de los métodos Estadísticos o Probabilísticos, como son los siguientes: NASH, GUMBEL, LEBEDIEV, LOG-PEARSON TIPO III Y - - PEARSON III, éstos procedimientos con sus respectivas tablas y gráficas, que se requieran en cada uno de los procedimientos. También el método de mínimos cuadrados que es un auxiliar para tener un buen criterio, de selección del método adecuado.

METODO DE NASH.

Descripción del Método.

Expresión General.

$$X_d = X_{m\acute{a}x} + \Delta Z \quad (3)$$

$$X_{m\acute{a}x} = a + c \text{ Log Log } \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \quad (4)$$

Para el cálculo de a y c con los siguientes ecuaciones:

$$a = X_m - c Y_m \quad (5)$$

$$c = \frac{\sum_i^N X_i Y_i - N X_m Y_m}{\sum_i^N Y_i^2 - N (Y_m)^2} \quad (6)$$

$$X_m = \frac{\sum_i^N X_i}{N} \quad (7)$$

$$Y_m = \frac{\sum_i^N Y_i}{N} \quad (8)$$

$$Y_i = \text{Log Log } \left(\frac{T_{ri}}{T_{ri} - 1} \right) \quad (9)$$

$$T_{ri} = \frac{N+1}{m_i} \quad (10)$$

El intervalo del cual puede variar el $X_{m\acute{a}x}$ se calcula el intervalo de confianza ΔZ se usa la si -

guiente ecuación:

$$Z = \pm 2 \sqrt{\frac{S_2}{N^2(N-1)} + (Y - Y_m)^2 \left(\frac{1}{N-2}\right) \left(\frac{1}{S_1}\right) \left(S_2 - \frac{S_3^2}{S_1}\right)} \quad (11)$$

$$Y = \text{Log Log} \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \quad (12)$$

$$S_1 = N \sum_i^N Y_i^2 - \left(\sum_i^N Y_i \right)^2 \quad (13)$$

$$S_2 = N \sum_i^N Y_i^2 - \left(\sum_i^N X_i \right)^2 \quad (14)$$

$$S_3 = N \sum_i^N X_i Y_i - \left(\sum_i^N X_i \sum_i^N Y_i \right) \quad (15)$$

Para Y se calcula sustituyendo el valor del periodo de retorno escogido para el cálculo de $X_{\text{máx}}$ en donde:

X_d = Precipitación ó gasto de diseño.

$X_{\text{máx}}$ = Precipitación ó gasto máximo para una frecuencia determinada.

X_m = Precipitación ó gasto medio.

X_i = Precipitación ó gasto máximo observado en el año (i).

a y c = Constantes en función del registro de precipitaciones ó gastos máximos anuales.

Tr = Período de retorno escogido para $X_{máx}$ en años.

Tri = Período de retorno.

Yi = Constante para cada valor de precipitación ó gasto registrado en función del período.

Ym = Valor medio de Yi.

N = Número de años de registro.

mi = Número de orden en cada Xi asignado en forma decreciente.

Precipitación en mm. gasto en m^3/s .

Secuencia de cálculo.

- a) De la hoja de calculos básicos (cuadro 3 pág. 62) con los siguientes valores:

$$N, X_m, Y_m, \sum_1^N X_i, \sum_1^N X_i^2, \sum_1^N Y_i, \dots$$

$$\sum_1^N Y_i^2 \text{ y } \sum_1^N X_i Y_i.$$

b) Se calculará los valores siguientes.

a, c, S_1 , S_2 , S_3 y ΔZ .

c) Se calculan los valores de precipitación ó gasto máximo para cada uno de los períodos de retorno considerados, sustituyendo en $X_{máx}$ y por último en X_d .

METODO DE GUMBEL

Descripción del Método

Expresión General.

$$X_{m\acute{a}x} = X_m (1 + K C_v) \quad (16)$$

Para el cálculo de X_m , C_v y K con las siguientes --
ecuaciones:

$$X_m = \frac{\sum_i^N X_i}{N} \quad (7)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1 \right)^2}{(N - 1)}} \quad (17)$$

$$K = - \frac{1}{S_n} \text{Ln} \left[- \text{Ln} \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right] - \frac{Y_n}{S_n} \quad (18)$$

En donde:

$X_{m\acute{a}x}$ = Precipitación ó gasto máximo probable
para una frecuencia determinada.

X_m = Precipitación ó gasto medio.

X_i = Precipitación ó gasto máximo observa-
do en el año (i).

N = Número de años de registro.

Cv = Coeficiente de variación.

K = Coeficiente de frecuencia.

Tr = Período de retorno en años.

Yn, Sn = Parámetro que dependen del tamaño de la muestra dados en (tabla 3 pág. 63).

Ln = Logaritmo natural.

Precipitación en mm.

gasto en m³/s.

Secuencia de Cálculo.

- a) Se realiza la hoja de cálculos básicos (cuadro 3 - pág. 62) con los siguientes valores:

$$N, X_m \text{ y } \sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1 \right)^2.$$

- b) Con los valores anteriores se calcula.

Cv, Yn y Sn con auxilio de (tabla 3 pág. 63).

- c) Se calcula.

K con Tr requerido.

- d) En base a los valores calculados se procede a determinar el valor buscado.

METODO DE LEBEDIEV

Descripción del Método.

Expresión General.

$$X_d = X_{m\acute{a}x} + \Delta Z \quad (19)$$

$$X_{m\acute{a}x} = X_m (K C_v + 1) \quad (20)$$

Para el cálculo de ΔZ , C_v y K .

$$\Delta Z = \pm \frac{A E_r X_{m\acute{a}x}}{\sqrt{N}} \quad (21)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^2}{N}} \quad (22)$$

$$C_s = \frac{\sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^3}{N C_v^3} \quad (23)$$

$$X_m = \frac{\sum_i^N X_i}{N} \quad (7)$$

En donde:

X_d = Precipitación ó gasto de diseño.

$X_{m\acute{a}x}$ = Precipitación ó gasto máximo probable para una frecuencia determinada.

X_m = Precipitación ó gasto medio.

X_i = Precipitación ó gasto máximo observado en el año (i).

ΔZ = Intervalo de confianza.

A = Coeficiente que varía de 0.7 a 1.5 dependiendo del número de años de registro. Cuantos más años de registro haya, menor será el valor del coeficiente. Si N es mayor de 40 años se toma el valor de 0.7.

E_r = Coeficiente que depende de C_v y de la probabilidad de que ocurra esa avenida en un año en particular. Se encuentra en forma gráfica en (gráfica 2, pág. 67).

C_v = Coeficiente de variación.

C_s = Coeficiente de asimetría.

K = Coeficiente que depende de la probabilidad de que ocurra esa avenida en un año en particular, expresada en porcentaje de que se repita la precipitación ó gasto de diseño y del C_s en (Tabla 4. pág. 64).

Para el coeficiente de asimetría, el cual, cuando el número de observación es mayor de 40 años, se calcula con la ecuación (23). Si es menor de 40 años. Lebediev recomienda tomar los siguientes valores:

$C_s = 2C_v$ para corrientes producidas por deshielo.

$C_s = 3C_v$ para corrientes producidas por tormentas.

$C_s = 5C_v$ para corrientes producidas por tormentas
en cuencas ciclónicas.

Precipitaciones en mm.

gastos en m^3/s .

Secuencia del cálculo.

- a) De la hoja de cálculos básicos (cuadro 3. pág. 62).
con los siguientes valores.

$$X_m, \sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^2 \quad \text{y} \quad \sum_i^N \left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^3.$$

- b) Se calculan los valores siguientes.

C_v, C_s, K con auxilio de (tabla 4. pág. 64).

E_r con auxilio de la (gráfica 2 pág. 67) y

- c) Con el coeficiente K se obtiene para cada periodo
de retorno considerados y C_s calculado, se encuen-
tra en (Tabla 4 pág. 64).
- d) Con el coeficiente E_r se obtiene para cada periodo
de retorno considerados y C_v calculado, se encuen-
tra en (gráfica 2 pág. 67) sustituyendo en $X_{máx}$ y
por último en X_d .

METODO DE LOG-PEARSON TIPO III.

Descripción del Método.

La obtención de Log-Pearson Tipo III, se basa en -- transformar los eventos en sus logaritmos de las -- formas siguientes.

$$\text{Log } X_{\text{máx}} = \text{Log } X_m + K S \text{Log } X \quad (24)$$

$$X_{\text{máx}} = \text{Antilog } [\text{Log } X_m + K S \text{Log } X] \quad (25)$$

Para el cálculo de $\text{Log } X_m$ y $S \text{Log } X$ con los siguientes logaritmos.

$$\text{Log } X_m = \frac{\sum_i^N \text{Log } X_i}{N} \quad (26)$$

$$S \text{Log } X = \sqrt{\frac{\sum_i^N (\text{Log } X_i - \text{Log } X_m)^2}{N - 1}} \quad (27)$$

$$C_s = \frac{N \sum_i^N (\text{Log } X_i - \text{Log } X_m)^3}{(N-1)(N-2)(S \text{Log } X)^3} \quad (28)$$

En donde:

$\text{Log } X_{\text{máx}}$ = Logaritmo de precipitación ó gasto máximo en una frecuencia determinada.

$\text{Log } X_m$ = Logaritmo de Precipitación ó gasto me
dio.

$S \text{ Log } X$ = Logaritmo de desviación estándar.

K = Factor de frecuencia, función del pe-
ríodo de retorno y del coeficiente de
asimetría (tabla 5 pág. 68).

C_s = Coeficiente de asimetría.

N = Número de años registrados.

Precipitación en mm.

gasto en m^3/seg .

Secuencia del Cálculo.

- a) De la hoja de cálculos básicos (cuadro 3' pág. 62)
los siguientes valores.

$$N, \text{Log}X_i, \text{Log}X_m, \sum_i^N (\text{Log}X_i - \text{Log}X_m)^2 \quad \text{y}$$

$$\sum_i^N (\text{Log}X_i - \text{Log}X_m)^3.$$

- b) Con los valores anteriores se calculan.

$S \text{Log} X$ y C_s .

- c) Se obtiene el valor de K en función del período de
retorno y del valor de C_s (tabla 5 pág. 68).

- d) En base a los valores calculados $\text{Log}X_{\text{máx}}$, para cada período de retorno (T_r) requerido, el valor de $X_{\text{máx}}$ será el antilogaritmo de la fórmula $\text{Log}X_{\text{máx}}$.

METODO DE PEARSON TIPO III

Descripción del Método.

La descripción del método Log-Pearson Tipo III y to do lo que se diga será aplicado al Pearson Tipo III con una sola observación: lo que se refiere en el primer método a los logaritmos de los gastos se referirá a los valores naturales de los mismo en el segundo método.

$$X_{m\acute{a}x} = X_m + K S_x \quad (29)$$

Para el cálculo de X_m y S_x , con las siguientes ecuaciones:

$$X_m = \frac{\sum_i^N X_i}{N} \quad (7)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - X_m)^2}{N - 1}} \quad (30)$$

$$C_s = \frac{N \sum_i^N (X_i - X_m)^3}{(N-1)(N-2)(S_x)^3} \quad (31)$$

En donde:

$X_{m\acute{a}x}$ = Precipitación ó gasto máximo en una frecuencia determinada.

X_m = Precipitación ó gasto medio de los máximos anuales.

Sx = Desviación estándar.

K = Factor de frecuencia, función del período de retorno y del coeficiente de asimetría (tabla 5. pág. 68).

Cs = Coeficiente de asimetría.

N = Número de años registrados.

Precipitación en mm.

gasto en m^3 /seg.

Secuencia de Cálculo.

- a) De la hoja de cálculos básicos (cuadro 3. pág. 62). con los siguientes valores.

$$N, X_m, \sum_i^N (X_i - X_m)^2 \text{ y } \sum_i^N (X_i - X_m)^3$$

- b) Con los valores anteriores se calculan.

Sx y Cs

- c) Se obtiene el valor de K en función del período de retorno y del valor de Cs (tabla 5. pág. 68).
- d) En base a los valores calculados, para cada período de retorno (T_r) requerido, el valor de $X_{m\max}$.

METODO DE MINIMOS CUADRADOS.

Descripción del Método.

La obtención de este método, se basa en transformar los eventos en sus logaritmos de las formas siguientes.

$$X_{\text{máx}} = a + b \text{ Log Tr} \quad (32)$$

Para el cálculo de a, b y Tr con las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{(\sum_i^N X_i)(\sum_i^N Z_i^2) - (\sum_i^N Z_i)(\sum_i^N X_i Z_i)}{N(\sum_i^N Z_i^2) - (\sum_i^N Z_i)^2} \quad (33)$$

$$b = \frac{N(\sum_i^N X_i Z_i) - (\sum_i^N Z_i)(\sum_i^N X_i)}{N(\sum_i^N Z_i^2) - (\sum_i^N Z_i)^2} \quad (34)$$

$$R_{xz} = \frac{N(\sum_i^N X_i Z_i) - (\sum_i^N Z_i)(\sum_i^N X_i)}{\sqrt{[N(\sum_i^N Z_i^2) - (\sum_i^N Z_i)^2][N(\sum_i^N X_i^2) - (\sum_i^N X_i)^2]}} \leq 1 \quad (35)$$

$$\text{Tri} = \frac{N+1}{m_i} \quad (10)$$

$$Z_i = \text{Log } T_{r_i}$$

En donde:

$X_{\text{máx}}$ = Precipitación ó gasto máximo en una frecuencia determinada.

a y b = Constantes en función del registro de precipitación ó gasto máximos anuales.

R_{xz} = Coeficiente de correlación lineal, siempre será ≤ 1 , siendo la ecuación que gobierna a la recta tiende a 1, lo que es correcto.

Secuencia de Cálculo.

- a) De la hoja de cálculos básicos (cuadro 3. pág. 62). con los siguientes valores.

$$N, \sum_i^N X_i, \sum_i^N X_i^2, \sum_i^N Z_i, \sum_i^N Z_i^2 \text{ y } \sum_i^N X_i Z_i$$

- b) Con los valores anteriores se calculan.

a , b y R_{xz}

- c) En base a los valores calculados, para cada período de retorno (T_r) requerido, el valor de $X_{\text{máx}}$.

Criterio para ajuste de Curvas.

Una vez que se han presentado los datos en un papel de probabilidad, se puede ajustar una curva a los puntos graficados. Esta curva se convertirá en una línea recta si dichos puntos siguen aproximadamente la tendencia de la distribución de probabilidades correspondientes al papel empleado.

El criterio para ajuste de curvas se basará en el método de mínimos cuadrados, para darnos una idea aproximada para tomar el método más adecuado, y con la representación gráfica en papel de probabilidad.

Una de las razones adecuada para efectuar el ajuste por procedimientos matemáticos, es que los resultados obtenidos aún por diferentes personas son idénticos. Esto por supuesto es verdadero: pero la experiencia ha demostrado que el uso del criterio personal es en ocasiones de importancia primordial, como por ejemplo, al analizar un registro corto que contiene datos de una avenida extraordinariamente grande a la cual le corresponde un período de retorno mucho mayor que el período de registro. Aquí la aplicación estricta de los procedimientos matemáticos de ajuste puede conducir a resultados absurdos, ya que esa sola avenida extraordinaria ocasiona que la línea ajustada se separa de todos los demás puntos graficados.

C. HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR.

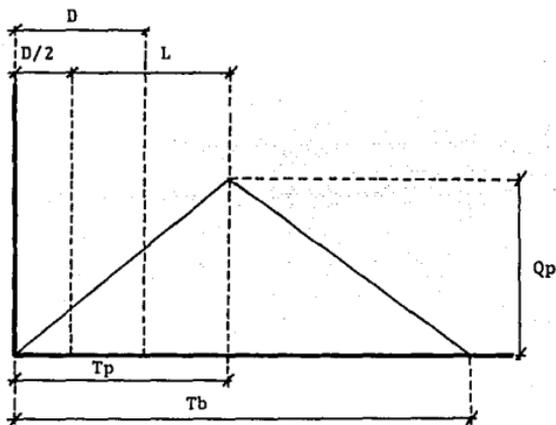
Este método es utilizado por el Bureau of Reclamation; su planteamiento se basa en considerar la distribución del escurrimiento en forma triangular. Entre otros datos para su aplicación es necesario el conocimiento de la distribución de las tormentas, información que no se tiene en los registros pluviométricos del área de estudio, sin embargo se puede suponer una distribución en base a los datos existentes en otras áreas semejantes. El resultado servirá para dar una idea general de la forma de los hidrogramas, y su variación con respecto a los periodos de retorno permitiendo hacer una comparación con los métodos utilizados.

Básicamente es la obtención del hidrograma artificial de una avenida, en función de la precipitación y características fisiográficas de la cuenca como son: Estado de saturación del suelo, tipo de suelo, vegetación, tamaño y forma.

El hidrograma de la avenida, se obtiene al sumar los hidrogramas parciales originados por la precipitación ocurrida en cada uno de los intervalos en que se divide la duración de la tormenta.

Los hidrogramas parciales, correspondientes a cada intervalo de tiempo, se representan en forma triangular.

Las características del hidrograma triangular dependen de la lluvia y de la cuenca, describiéndose a detalle a continuación:



en donde:

- D = duración de la tormenta en horas.
- L = retraso, tiempo en horas, del centro del exceso del volumen de precipitación, a la hora pico del hidrograma.
- Q_p = gasto máximo unitario en $m^3/seg.$
- T_p = tiempo en horas, medido desde el principio hasta el final del hidrograma.
- T_b = tiempo total del escurrimiento.

D. METODO RACIONAL.

A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se emplean y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, se ha extendido ampliamente debido a su gran sencillez. En el sistema métrico se puede escribir de la siguiente manera:

$$Q_d = 0.278 C I A$$

donde:

Q_d = gasto de diseño, en $m^3/\text{seg.}$

C = coeficiente de escurrimiento, adimensional.

I = intensidad de la lluvia para una duración --
igual al tiempo de concentración, en mm/hr.

A = área drenada en Km^2 .

0.278 = factor de homogeneidad de unidades.

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca.

Para la intensidad de la lluvia (I) se tiene,

$$I = \frac{P}{T_c}$$

donde:

P = precipitación, en mm.

T_c = tiempo de concentración en hr.

CAPITULO IV. CALCULO DEL DISEÑO EN EL RIO SALADO, ESTADO DE JALISCO.

A INFORMACION GENERAL.

Antecedentes.

El Río Salado constituye el drenaje principal del Valle de Tala, teniendo su origen en la sierra de "La Primavera", y con un recorrido de 50.5 Km. de descarga en la Presa de La Vega, siendo así afluente del "Río Ameca", que inicia a partir de esta estructura.

El Valle de Tala se considera localizado entre los municipios de Tala y Teuchitlán, y año tras año se afectan 1400 Ha. aproximadamente de los ejidos de Teuchitlán, Castro Urdinales (Pacana) y El Refugio, por el desbordamiento en ambos márgenes del Río Salado, provocando pérdidas en la producción cañera de estos ejidos, principal cultivo y medio de subsistencia de la región.

Localización.

La zona de estudio pertenece a los Municipios de Tala y Teuchitlán, y se localiza en la región Occidental del Estado de Jalisco. (planos 1 y 2 págs. 69 y 70).

Geográficamente se ubica entre los paralelos $20^{\circ}37'$ y $20^{\circ}43'$ de latitud Norte, y $103^{\circ}30'$ y $103^{\circ}50'$ de longitud Oeste.

Los poblados que se ubican dentro de la zona de estudio - -

son: Río Caliente, Los Laureles, Tala, El Refugio y San Lorenzo.

Análisis Hidrológico.

Con el estudio Hidrológico se analiza y cuantifica los gastos que se presentan en el sistema hidrógrado del Río Salado asociado a diferentes períodos de retorno, proporcionando -- criterios para seleccionar el gasto de diseño y con esto las secciones hidráulicas necesarias, a fin de evitar las inundaciones en la zona de estudio.

Hidrológicamente pertenece a la cuenca del Río Ameca, en la región Hidrológica N° 14, conocida como Zona Centro de la -- vertiente del pacífico.

El Río Salado presenta un desarrollo de 50.5 Km y drena un -- área de 260 Km² aproximadamente.

El clima existente en la zona de estudio, se clasificó de -- acuerdo al sistema del Dr. Thornthwaite como C₂WB' ₃a', que -- se interpreta como semihúmedo, con moderada deficiencia de -- agua invernal, templado cálido, con baja concentración de ca -- lor de verano.

El tipo de suelo se describe como suelos poco profundos y -- conteniendo mucha arcilla y coloides, las arcillas aumentan de volumen al mojarse y se tiene una infiltración inferior a la promedio después de saturarse.

B. INFORMACION DISPONIBLE Y RECOPIACION DE DATOS.

Para proceder al análisis hidrológico se efectuó primeramente una recopilación de datos climatológicos e hidrométricos, con el fin de seleccionar la Metodología apropiada que condujera a los mejores resultados posibles, existiendo únicamente información climatológica, ya que no se cuenta con estaciones hidrométricas en la zona de estudio. En virtud de lo anterior nos apoyamos en la información hidrométrica de los Ríos Cocula y San Martín, cuyas estaciones hidrométricas se encuentran próximas a la zona de estudio, y pertenecen -- también a la Región Hidrológica N° 14 (Ameca).

Los datos consignados en el boletín N° 41 de la SARH consisten en: gastos y precipitaciones medios diarios y máximos instantáneos, volúmenes escurridos, así como áreas drenadas.

Topografía de la Cuenca en la Zona de Estudio.

Para definir la cuenca del Río Salado, se utilizaron las cartas topográficas de DETENAL con clasificación F-13-D-64 (Tabla), F-13-D-65 (Guadalajara Oeste) y F-14-D-73 (Cocula), para el Río Cocula, escala 1:50,000 de los cuales se tomaron los planos base de las dos cuencas, obteniéndose un área para la cuenca del Río Salado de 260 Km², para el Río Cocula de 643 Km² y Río San Martín de 120 Km² aproximadamente.

Análisis de las Avenidas.

Siendo en esta zona de estudio el principal problema el de las inundaciones periódicas, el análisis se basa en obtener,

a partir de avenidas observadas en las estaciones hidrométricas "El Salitre" y "San Martín Hidalgo", que registran los -
escurremientos de los Ríos Cocula y San Martín respectivamente, los gastos asociados a diferentes periodos de retorno en el Rfo Salado.

Metodología Empleada.

El método de transposición de cuencas, básicamente consiste en una superposición de causas y efectos, considerando parámetros de correlación entre las cuencas, una con datos observados y extrapolados (en este caso gastos y precipitaciones máximas, y tiempo base), y otra a la que se van a transportar los resultados de la cuenca base o apoyo.

Como se mencionó anteriormente se tomaron como cuencas de apoyo, las drenadas por los Ríos Cocula y San Martín, hasta las estaciones El Salitre y San Martín Hidalgo respectivamente, para realizar la transposición a la del Río Salado hasta antes de la presa La Vega.

Se tomaron las precipitaciones y gastos máximos anuales, observados en las estaciones mencionadas, con objeto de aplicar los métodos siguientes: NASH, GUMBEL, LEBEDIEV, LOG- -- PEARSON TIPO III, PEARSON TIPO III y MINIMOS CUADRADOS. Para los siguientes periodos de retorno (1.1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años); y obtener así las precipitaciones y los gastos máximos, para los Ríos Cocula y San Martín.

Con las precipitaciones resultantes se aplicó el método del Hidrograma Unitario Triangular a fin de calcular los gastos y posteriormente con ayuda de las envolventes de los gastos máximos en la República Mexicana, llegaremos a los gastos de diseño para el Río Salado.

C. PROGRAMA Y CALCULOS PARA EL DISEÑO DE GASTO.

Se elaboró un modelo matemático en lenguaje BASIC (listado en la pág. 71) para el cálculo de precipitación y/o gastos asociados a diferentes períodos de retorno, utilizando las lecturas de las precipitaciones máximas anuales en la estación El Salitre para el Río Cocula y los gastos máximos anuales en la estación San Martín Hidalgo para el río San Martín (tablas 6 y 7 págs. 78 y 79) para los diferentes Métodos estadísticos o probabilísticos obteniéndose los siguientes resultados que se consignan en los (cuadros 4 y 5 págs. 80 y 81). Posteriormente tanto los registros de cada estación, como los resultados obtenidos se graficaron con respecto al período de retorno, (gráficas 3 y 4 págs. 82 y 83). Se analizaron método a método con respecto a la gráfica de los registros en las estaciones hidrométricas, así como con respecto a la gráfica resultante del método de mínimos cuadrados, con objeto de seleccionar el método adecuado.

Fué seleccionada el método de GUMBEL, en virtud de que la tendencia de la gráfica de sus resultados se apega más a la

gráfica de los registros y a la de mínimos cuadrados, que -- las gráficas de los otros métodos. (gráficas 5 y 6 págs. 84 y 85).

De los resultados del método de Gumbel para el Rfo Cocula, - tomamos las precipitaciones para 15, 20 y 25 años de frecuencia,

Tr	P
15 años	86.35 mm.
20 años	90.49 mm.
25 años	93.67 mm.

y aplicamos el método del Hidrograma Unitario Triangular para calcular el gasto.

El Hidrograma Unitario Triangular es el método utilizado por el Bureau of Reclamation, su planteamiento se basa en considerar la distribución del escurrimiento en forma triangular. Para su aplicación es necesario estar en función de la precipitación y características fisiográficas de la cuenca como son: Estado de saturación del suelo, tipo del suelo, vegetación, tamaño y forma.

Para el cálculo del tiempo de concentración (T_c), consideraremos las siguientes fórmulas, que para tal fin han sido propuestas por sus autores, los cuales se describen a continuación:

- 1) Método Kirpich 1 (en base a la pendiente).

$$T_c = 0.0195 L^{1.155} H^{-0.395} \quad (36)$$

- 2) Ecuación en base al tiempo de retardo.

$$T_c = 1.667 TL \quad (37)$$

$$TL = L^{0.8} (S1+1)^{0.7} / (735 S^{0.5}) \quad (38)$$

$$S1 = 1000/CN-10 \quad (39)$$

- 3) Método Empírico.

$$T_c = 0.01 L^{0.64} S^{-0.32} \quad (40)$$

- 4) Método Kirpich 2.

$$T_c = 0.0662 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (41)$$

- 5) Método FAA (Agencia Federal de Aviación de los Estados Unidos de América).

$$T_c = 1.3 (1.1-C) L^{0.5} S^{-0.333} \quad (42)$$

donde:

L = Longitud del cauce principal, en m.

- H = Desnivel total del cauce principal, en m.
- S = Pendiente del cauce principal, en porcentaje.
- CN = Número de la curva de escurrimiento para la condición MEDIA de humedad en la cuenca (cuadro 7. pág. 86).
- TL = Tiempo de retardo, en Hr.
- C = Coeficiente de escurrimiento (FAA).

Estos métodos fueron procesados mediante un programa en - -
BASIC (listado en la pag. 87), con los siguientes datos:

DATOS RIO COCULA

- L = 40 Km.
- H = 149.3 m.
- S = 0.003733
- CN = 78.5 (cálculo en cuadro 7 pág. 86).
- C = 0.2 (Tabla de coeficientes,
incluida en el progra.
ma de la pág. 87).

Los resultados de los tiempos de concentración, aparecen en el (cuadro 6 pág. 93), y por tener resultados más cercanos, se escogió el método Kirpich 1 (con base a la pendientes), con 9.78 horas.

Se continúa con el tiempo de duración de la tormenta, esta ecuación se utiliza sólo cuando el tiempo de concentración es mayor que 4 horas, entonces:

$$D = 2 \sqrt{T_c} = 2 \sqrt{9.78} = 6.25 \text{ horas} \quad (43)$$

Para el factor de Reducción, se utilizan las gráficas; de curva de Altura de Precipitación-Duración tipo para una tormenta Convectiva (gráfica 7 pág. 91), entraremos con $D = 6.25$ hr. de duración, teniendo una lectura en el cruce con la curva del factor de reducción de 84.3 por ciento y de reducción por Areas y Reducción de Tormentas (gráfica 8 pág. 92), entraremos con el área del Río Cocula de 643 Km^2 y duración de 6.25 hr, se tiene una lectura del factor de reducción de 85 por ciento.

Los resultados para el Río Cocula con frecuencia de 15, 20 y 25 años, se afectaron por los porcentajes de reducción de

Tr	Factores de Reducción	P
15 años	$(0.843)(0.85)(86.35) =$	61.87 mm.

$$20 \text{ años} \quad (0.843)(0.85)(90.49) = 64.84 \text{ mm.}$$

$$25 \text{ años} \quad (0.843)(0.85)(93.67) = 67.05 \text{ mm.}$$

obteniéndose precipitaciones corregidas para diferentes períodos de retorno.

Para el cálculo del tiempo Pico, utilizaremos los siguientes tiempos de Duración 1, 6 y 12 horas, con la fórmula a continuación:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c \quad (44)$$

Para el tiempo base, del hidrograma en horas, se toma regularmente:

$$T_b = 2.67 T_p \quad (45)$$

Gasto Pico Unitario:

$$Q_p = \frac{484 A Q_1}{T_p} \quad (46)$$

con

$$Q_1 = \text{escurrimiento total}$$

$$A = \text{área.}$$

Procesando datos en las ecuaciones descritas anteriormente, se obtienen los resultados (cuadro 8 pág. 94), finalmente -

se dibujan los incrementos (gráficas 9a, b y c. págs. 95, 96 y 97) sumando las ordenadas obtendremos el hidrograma de incrementos.

Con datos de gastos máximos de los Ríos Cocula y San Martín, entraremos a la curva envolvente de Gastos en la República Mexicana; este método tiene como objetivo superponer las causas y efectos de las cuencas de los ríos Cocula y San Martín, con objeto de encontrar el gasto en el Río Salado.

Río Cocula	Area	643	Km ² :
25 años	296.67/643	= 0.461	m ³ /seg./Km ²
20 años	252.67/643	= 0.393	m ³ /seg./Km ²
15 años	233.34/643	= 0.363	m ³ /seg./Km ²

Con estos resultados, entraremos al eje de la ordenada de gastos máximos unitarios, en la gráfica de la envolvente de gastos de la República Mexicana, trazaremos curvas análogas a la envolvente general de México y del Río Ameca, sobre el eje de la ordenada en 260 Km² y la intersección con las curvas trazadas, se leerán los gastos máximos unitarios, multiplicándose estos por el área del Río Salado tendremos los siguientes gastos de diseño. (gráfica 10. pág. 68).

Tr	Gasto Máximo de Diseño	
25 años	(0.763)(260)	= 198.38 m ³ /seg.
20 años	(0.641)(260)	= 166.66 m ³ /seg.
15 años	(0.583)(260)	= 151.58 m ³ /seg.

Río San Martín Area 120 Km² tomaremos las siguientes --
frecuencias: (gráfica 10b pág. 99).

50 años	196.42/120	= 1.637 m ³ /seg./Km ²
25 años	172.83/120	= 1.440 m ³ /seg./Km ²
20 años	165.15/120	= 1.376 m ³ /seg./Km ²
15 años	155.19/120	= 1.293 m ³ /seg./Km ²
10 años	140.96/120	= 1.175 m ³ /seg./Km ²
5 años	115.74/120	= 0.965 m ³ /seg./Km ²

y los resultados se interpretan para 260 Km²

Tr	Gastos Máximos de Diseño	
50 años	(1.270)(260)	= 330.20 m ³ /seg.
25 años	(1.120)(260)	= 291.20 m ³ /seg.
20 años	(1.019)(260)	= 265.00 m ³ /seg.
15 años	(0.960)(260)	= 249.60 m ³ /seg.
10 años	(0.857)(260)	= 222.80 m ³ /seg.
5 años	(0.720)(260)	= 187.20 m ³ /seg.

Para el método Racional utilizamos los resultados de las pre
cipitaciones corregidas, para el Río Cocula con los siguien-

tes periodos de retorno:

Tr	P
15 años	61.87 mm.
20 años	64.84 mm.
25 años	67.05 mm.

Y con los datos continuos para diferentes frecuencias:

$$A = 260 \text{ Km}^2$$

$$L = 50.5 \text{ K}$$

$$S = 0.0096353$$

Aplicando las fórmulas para el método Racional, descrito en el capítulo anterior: (47)

$$Q_d = 0.278 C I A$$

$$\text{con } I = P/T_c \text{ y } T_c = 0.0662 L^{0.77}/S^{0.385}$$

Calculamos el coeficiente de escurrimiento (C) tenemos:

Tipo de superficie	% area	coeficiente	
campos cultivados	0.548	0.3	0.1752
Zona forestal	0.416	0.2	0.0832

$$C = 0.2584$$

calculando:

$$B = 0.278 \quad CA = (0.278)(0.2584)(260) = 18.677$$

$$Tc = 0.0662 (50.5)^{0.77} / (0.0096353)^{0.385} = 8.10 \text{ hr.}$$

Aplicando la fórmula general tenemos los siguientes resultados:

Tr	B	I	Qp
15 años	18.677	61.87/8.10	142.62 m ³ /seg.
20 años	18.677	64.84/8.10	149.47 m ³ /seg.
25 años	18.677	67.05/8.10	154.56 m ³ /seg.

D. RESULTADOS.

Los resultados en las interpolaciones y métodos usados, son los siguientes: La transposición entre el Río Cocula y el Río Salado, se tienen los siguientes resultados:

Tr	Gasto Máximo de Diseño
15 años	151.58 m ³ /seg.
20 años	166.66 m ³ /seg.
25 años	198.38 m ³ /seg.

Entre el Río San Martín y el Río Salado con los siguientes resultados:

Tr	gasto Máximo de Diseño
5 años	187.20 m ³ /seg.
10 años	228.80 m ³ /seg.
15 años	249.60 m ³ /seg.
20 años	265.00 m ³ /seg.
25 años	251.20 m ³ /seg.
50 años	330.20 m ³ /seg.

Los gastos resultantes del Río Cocula son más bajos. porque existe una laguna, lo cual hace que el agua se regule, y como la estación hidrométrica se encuentra aguas abajo de dicha laguna, los gastos registrados son ya regulados.

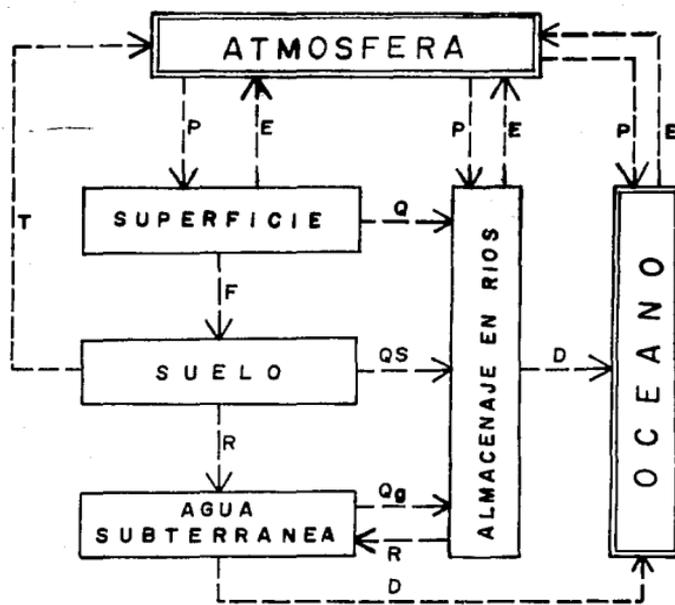
Para el método Racional se tienen los siguientes resultados:

Tr	Gasto Máximo de Diseño
15 años	142.62 m ³ /seg.
20 años	149.47 m ³ /seg.
25 años	154.56 m ³ /seg.

Este último nos dá una idea, pero son muy bajos, ya que este método se basa en ciertas hipótesis que generalmente se cumplen para cuencas pequeñas, y en las medianas y grandes cuencas se aparta gradualmente de la realidad.

Analizando los resultados calculados, se considera más confiable los resultados interpolados del Río San Martín al Río Salado, por los métodos estadísticos y probabilísticos, siendo estos más confiables y adecuados para cuencas medianas, y teniendo registros anuales suficientes para el cálculo de este cauce.

Por lo tanto, tenemos resultados de la magnitud del gasto de diseño máximo en la avenida del Río Salado, para diferentes períodos de retorno y así tener el proyecto, de una obra de protección, que evitará el desbordamiento en ambas márgenes del Río Salado.



- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| D Descarga a los Océanos | Q Escurrimiento Superficial |
| E Evaporación | QS Escurrimiento Subsuperficial |
| F Infiltración | Qg Escurrimiento Subterráneo |
| P Precipitación | |
| T Transpiración | |
| R Recargas | |

fig.1 Ciclo hidrológico.
Representación cualitativa.

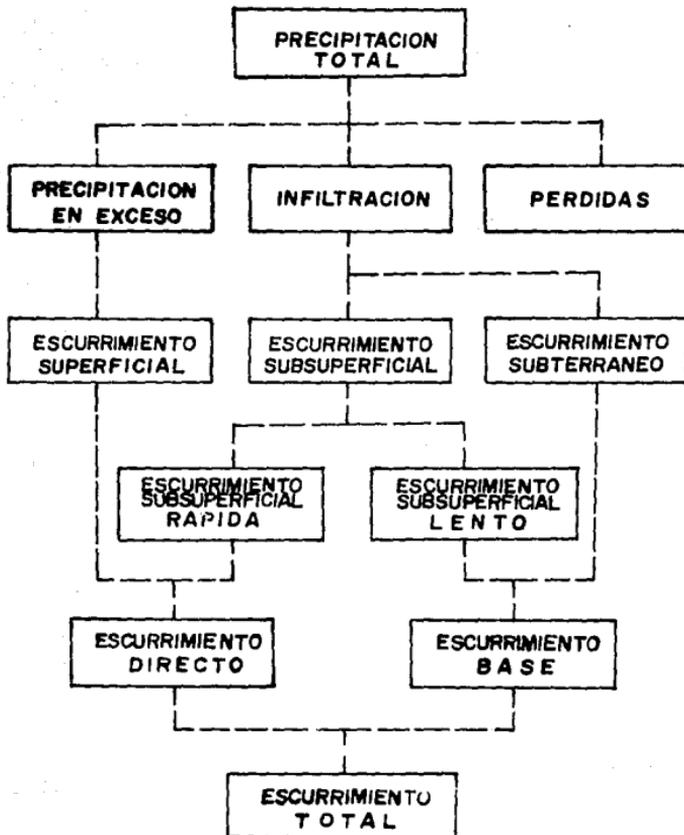
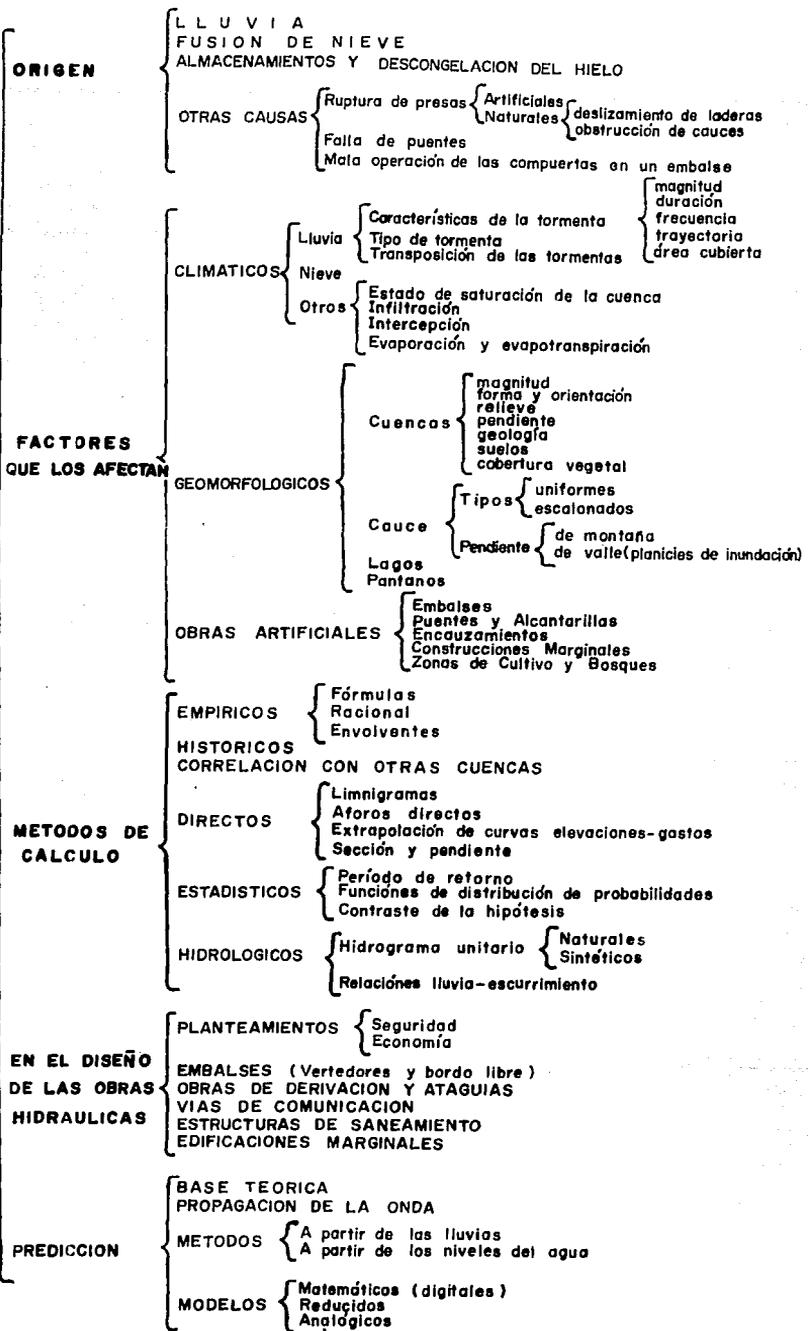


fig.2 Relación entre la precipitación y escurrimiento total.

CATEGORIA	POTENCIAL DE DAÑOS POR ALMACENAMIENTO		POTENCIAL DE DAÑOS POR LA FALLA		AVENIDA DE DISEÑO DEL VERTEDEDOR
	Almacenamiento (10 ⁶ m ³)	Altura (m.)	Pérdidas de vidas humanas	Daños	
GRANDE; su - falla no puede ser tolerada.	>60	>18	considerables.	catastroficas.	Relación lluvia-escorrimento usando la precipitación Máxima Probable.
INTERMEDIA.	1.2 a 60	12 a 30	posibles pero pocas.	5 a 10 veces el costo de la presa	Relación lluvia-escorrimento basada en la tormenta más severa registrada en el pasado, maximizado por período de retorno de mil años.
PEQUEÑA.	< 1.2	< 15	ninguna	igual al costo de la presa.	Periodo de retorno de 50 a 100 años.

CUADRO 1 CLASIFICACION DE LAS PRESAS

AVENIDAS MAXIMAS



CUADRO 2 RESUMEN DE GENERALIDADES SOBRE LAS AVENIDAS MAXIMAS

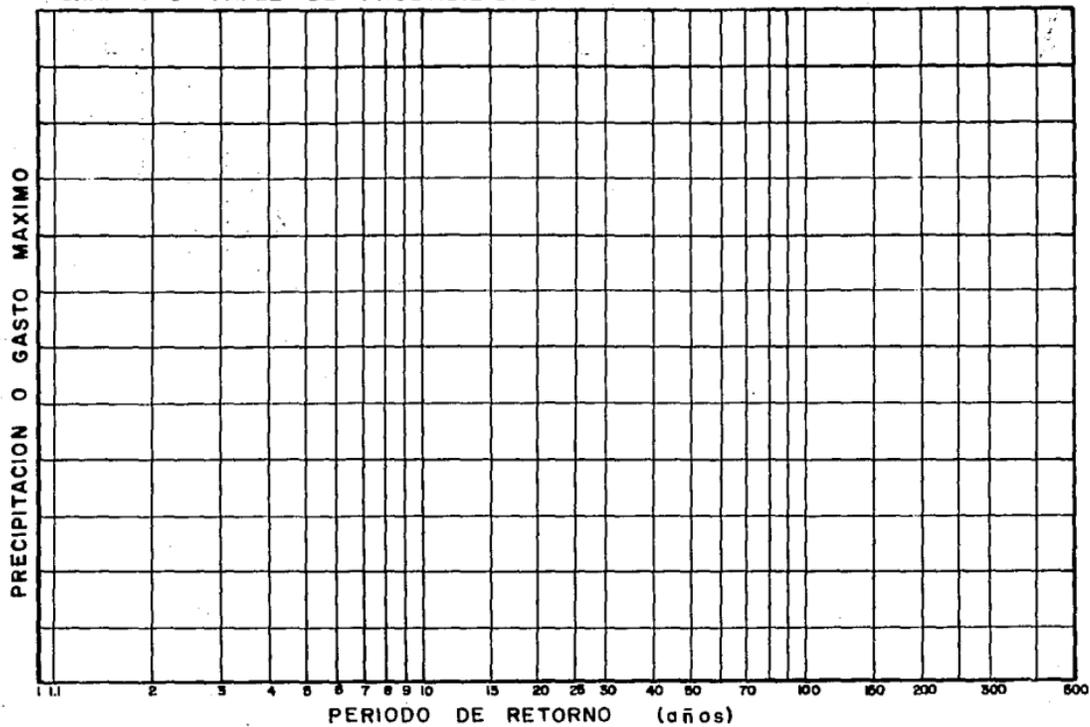
ELEMENTO	VIDA UTIL (AÑO)
CORTINAS DE PRESAS:	
Tierra, concreto y mampostería.	150
Enrocamiento.	60
Acero	40
ALMACENAMIENTOS.	75
CANALES Y ZANJAS	75
AFORADORES:	
Concreto y mampostería.	75
Acero.	50
TUNELES.	100
TANQUES:	
Concreto.	50
Acero.	40
TUBERIAS A PRESION.	50
TUBERIAS:	
Concreto.	20
Acero:	
menor de 4 pulg. de Ø	30
mayor de 4 pulg. de Ø	40
Fierro Fundido:	
Ø de 2 a 4 pulg.	50
Ø de 4 a 6 pulg.	65
Ø de 8 a 10 pulg.	75
Ø mayor de 12 pulg.	100
BOMBAS.	18-25
TURBINAS.	35
GENERADORES:	
de más de 3 000 KW.	28
de 1 000 a 3 000 KW.	25
de 50 HP a 1 000 KW.	17-25
menores a 50 HP.	14-17

TABLA 1 VIDA UTIL DE DIFERENTES OBRAS
HIDRAULICAS

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (años)
AREAS DE PROTECCION: Zonas urbanas, importantes redes de transporte y grandes plantas industriales.	100
Regiones agrícolas e industriales.	50
Regiones o zonas agrícolas.	7-20
Áreas forestales y planicies de inundación.	10
ESTRUCTURAL:	
Bordos o Diques.	2-50
Drenajes Urbanos o Pluviales.	2-10
Zanjas de Drenaje.	5-50
Drenaje de Aeropuertos.	5
Puentes en Carreteras Importantes.	5-100
Puentes en Carreteras menor Importantes-alcantarillas sobre Carreteras Importantes.	25
PRESAS: (Período de Retorno mínimo)	
Grandes Presas cuya falla causaría pérdidas de vidas humanas.	
1) Presas de Tierra:	1000
2) Presas de Concreto y Mampostería:	500
Presas que al fallar no causarían pérdidas-	
1) Costosas:	500
2) Moderadamente Costosas:	100
3) Pequeñas Presas:	20

TABLA 2 PERIODO DE RETORNO PARA DIFERENTES OBRAS

GRAFICA 1 PAPEL DE PROBABILIDAD



CUADRO 3 CALCULOS BASICOS

DATOS		ORDEN			①	②				③	④	⑤					⑥	⑦		
AÑO DE OBSERVACION	X_i MAXIMO ANUAL	m_i	DESCENDENTE X_i	X_i^2	$\left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^2$	$\left(\frac{X_i}{X_m} - 1\right)^3$	$T_{ri} = \frac{N+1}{m_i}$	$Y_i = \frac{T_{ri}}{\log T_{ri}}$	Y_i^2	$\log X_i$	$\log X_i - \log X_m$	$\log X_i - \log X_m^3$	$X_i Y_i$	$Z_i = \log T_{ri}$	Z_i^2	$X_i Z_i$	X_i^3	$(X_i - X_m)^2$	$(X_i - X_m)^3$	
SUMA				$\sum_1^N X_i$	$\sum_1^N X_i^2$	$\sum_1^N ①$	$\sum_1^N ②$		$\sum_1^N Y_i$	$\sum_1^N Y_i^2$	$\sum_1^N ③$	$\sum_1^N ④$	$\sum_1^N ⑤$	$\sum_1^N X_i Y_i$	$\sum_1^N Z_i$	$\sum_1^N Z_i^2$	$\sum_1^N X_i Z_i$	$\sum_1^N X_i^3$	$\sum_1^N ⑥$	$\sum_1^N ⑦$
PROMEDIO				X_m				Y_m		$\log X_m$										

X_i Precipitación ó gasto (mm., m³/s.)

N	Sn	Yn	N	Sn	Yn
8	0.9043	0.4843	49	1.1590	0.5481
9	0.9288	0.4902	50	1.16066	0.54854
10	0.9497	0.4952	51	1.1623	0.5489
11	0.9676	0.4996	52	1.1638	0.5493
12	0.9833	0.5035	53	1.1653	0.5497
13	0.9972	0.5070	54	1.1667	0.5501
14	1.0005	0.5100	55	1.1681	0.5504
15	1.02057	0.5128	56	1.1699	0.5508
16	1.0316	0.5157	57	1.1708	0.5511
17	1.0411	0.5181	58	1.1721	0.5515
18	1.0493	0.5202	59	1.1734	0.5518
19	1.0566	0.5220	60	1.17467	0.55208
20	1.06283	0.52355	62	1.1770	0.5527
21	1.0696	0.5252	64	1.1793	0.5533
22	1.0754	0.5268	66	1.1814	0.5530
23	1.0811	0.5283	68	1.1834	0.5543
24	1.0864	0.5296	70	1.18538	0.55477
25	1.09145	0.53086	72	1.1873	0.5552
26	1.0961	0.5320	74	1.1890	0.5557
27	1.1004	0.5332	76	1.1906	0.5561
28	1.1047	0.5343	78	1.1923	0.5565
29	1.1086	0.5353	80	1.19382	0.55688
30	1.11238	0.53622	82	1.1953	0.5572
31	1.1159	0.5371	84	1.1967	0.5576
32	1.1193	0.5380	86	1.1980	0.5580
33	1.1226	0.5388	88	1.1994	0.5583
34	1.1255	0.5396	90	1.20073	0.55860
35	1.12847	0.54034	92	1.2020	0.5589
36	1.1313	0.5410	94	1.2032	0.5592
37	1.1339	0.5418	96	1.2044	0.5595
38	1.1363	0.5424	98	1.2055	0.5598
39	1.1388	0.5430	100	1.20649	0.56002
40	1.14132	0.54362	150	1.22034	0.56461
41	1.1436	0.5442	200	1.23598	0.56715
42	1.1458	0.5448	250	1.24292	0.56878
43	1.1480	0.5453	300	1.24786	0.56993
44	1.1499	0.5458	400	1.25450	0.57144
45	1.15185	0.54630	500	1.25880	0.57240
46	1.1538	0.5468	750	1.26506	0.57377
47	1.1557	0.5473	1000	1.26851	0.57450
48	1.1574	0.5477	∞	1.28255	0.57722

TABLA 3. -METODO DE GUMBEL
VALORES DE Sn, Yn.

TABLA 4a. - METODO DE LEBEDEV. VALORES DE K EN FUNCION DE Cs.

Cs	P en %																			Cs			
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95		97	99	99.9
0.0	3.72	3.09	2.58	2.33	2.02	1.88	1.64	1.28	0.84	0.67	0.52	0.25	0.00	-0.25	-0.82	-0.67	-0.84	-1.28	-1.64	-1.88	-2.33	-3.09	0.0
0.05	3.83	3.16	2.62	2.36	2.06	1.90	1.65	1.28	0.84	0.66	0.52	0.24	-0.01	-0.26	-0.82	-0.68	-0.84	-1.28	-1.62	-1.86	-2.29	-3.02	0.05
0.1	3.94	3.23	2.67	2.40	2.11	1.92	1.67	1.29	0.84	0.66	0.51	0.24	-0.02	-0.28	-0.84	-0.68	-0.85	-1.27	-1.61	-1.84	-2.25	-2.95	0.1
0.15	4.05	3.31	2.71	2.44	2.13	1.94	1.68	1.30	0.84	0.66	0.50	0.23	-0.02	-0.28	-0.84	-0.68	-0.85	-1.27	-1.61	-1.84	-2.25	-2.95	0.15
0.2	4.16	3.38	2.76	2.47	2.16	1.96	1.70	1.30	0.85	0.65	0.50	0.22	-0.03	-0.28	-0.85	-0.69	-0.85	-1.26	-1.58	-1.79	-2.18	-2.88	0.2
0.25	4.27	3.45	2.81	2.50	2.18	1.98	1.71	1.30	0.82	0.64	0.49	0.21	-0.04	-0.29	-0.86	-0.70	-0.85	-1.25	-1.56	-1.77	-2.14	-2.69	0.25
0.3	4.38	3.52	2.86	2.54	2.21	2.00	1.72	1.31	0.82	0.64	0.48	0.20	-0.05	-0.30	-0.86	-0.70	-0.85	-1.24	-1.55	-1.75	-2.10	-2.67	0.3
0.35	4.50	3.59	2.90	2.58	2.23	2.02	1.73	1.32	0.82	0.64	0.48	0.20	-0.06	-0.30	-0.86	-0.70	-0.85	-1.24	-1.53	-1.72	-2.05	-2.60	0.35
0.4	4.61	3.66	2.95	2.61	2.26	2.04	1.75	1.32	0.82	0.63	0.47	0.19	-0.07	-0.31	-0.87	-0.71	-0.85	-1.23	-1.52	-1.70	-2.03	-2.54	0.4
0.45	4.72	3.74	2.99	2.64	2.28	2.06	1.76	1.32	0.82	0.62	0.46	0.18	-0.08	-0.32	-0.87	-0.71	-0.85	-1.22	-1.51	-1.69	-2.00	-2.47	0.45
0.5	4.83	3.81	3.04	2.68	2.31	2.08	1.77	1.32	0.81	0.62	0.46	0.17	-0.08	-0.33	-0.86	-0.71	-0.85	-1.22	-1.49	-1.68	-1.96	-2.40	0.5
0.55	4.94	3.88	3.08	2.72	2.33	2.10	1.78	1.32	0.80	0.62	0.45	0.16	-0.09	-0.34	-0.86	-0.72	-0.85	-1.21	-1.47	-1.64	-1.92	-2.32	0.55
0.6	5.05	3.96	3.13	2.75	2.35	2.12	1.80	1.33	0.80	0.61	0.44	0.16	-0.10	-0.34	-0.87	-0.72	-0.85	-1.20	-1.45	-1.61	-1.88	-2.27	0.6
0.65	5.15	4.03	3.17	2.78	2.37	2.14	1.81	1.33	0.79	0.60	0.44	0.15	-0.11	-0.35	-0.87	-0.72	-0.85	-1.19	-1.44	-1.59	-1.84	-2.20	0.65
0.7	5.28	4.10	3.22	2.82	2.40	2.15	1.82	1.33	0.79	0.59	0.43	0.14	-0.12	-0.36	-0.87	-0.72	-0.85	-1.18	-1.42	-1.57	-1.81	-2.14	0.7
0.75	5.39	4.17	3.26	2.86	2.42	2.16	1.83	1.34	0.78	0.58	0.42	0.13	-0.12	-0.36	-0.87	-0.72	-0.85	-1.18	-1.40	-1.54	-1.78	-2.08	0.75
0.8	5.50	4.24	3.31	2.89	2.45	2.18	1.84	1.34	0.78	0.58	0.41	0.12	-0.13	-0.37	-0.87	-0.72	-0.85	-1.17	-1.38	-1.52	-1.74	-2.02	0.8
0.85	5.62	4.31	3.35	2.92	2.47	2.20	1.85	1.34	0.78	0.58	0.40	0.12	-0.14	-0.38	-0.87	-0.72	-0.85	-1.16	-1.36	-1.49	-1.70	-1.95	0.85
0.9	5.73	4.38	3.40	2.96	2.50	2.22	1.86	1.34	0.77	0.57	0.40	0.11	-0.15	-0.38	-0.87	-0.72	-0.85	-1.15	-1.35	-1.47	-1.68	-1.90	0.9
0.95	5.84	4.46	3.44	2.99	2.52	2.24	1.87	1.34	0.76	0.56	0.39	0.10	-0.16	-0.38	-0.87	-0.72	-0.85	-1.14	-1.34	-1.44	-1.62	-1.84	0.95
1.0	5.96	4.53	3.49	3.02	2.54	2.25	1.88	1.34	0.76	0.55	0.38	0.09	-0.16	-0.39	-0.87	-0.72	-0.85	-1.13	-1.32	-1.42	-1.59	-1.79	1.0
1.05	6.07	4.60	3.53	3.06	2.56	2.26	1.88	1.34	0.75	0.54	0.37	0.08	-0.17	-0.40	-0.87	-0.72	-0.85	-1.12	-1.30	-1.40	-1.56	-1.74	1.05
1.1	6.18	4.67	3.58	3.09	2.58	2.28	1.89	1.34	0.74	0.54	0.36	0.07	-0.18	-0.41	-0.87	-0.72	-0.85	-1.10	-1.28	-1.38	-1.52	-1.68	1.1
1.15	6.30	4.74	3.62	3.12	2.60	2.30	1.90	1.34	0.74	0.53	0.36	0.06	-0.18	-0.42	-0.87	-0.72	-0.85	-1.09	-1.26	-1.36	-1.48	-1.63	1.15
1.2	6.41	4.81	3.66	3.15	2.62	2.31	1.92	1.34	0.73	0.52	0.35	0.05	-0.19	-0.42	-0.87	-0.72	-0.85	-1.08	-1.24	-1.33	-1.45	-1.58	1.2
1.25	6.52	4.88	3.70	3.18	2.64	2.32	1.93	1.34	0.72	0.52	0.34	0.04	-0.20	-0.42	-0.87	-0.72	-0.85	-1.07	-1.22	-1.30	-1.42	-1.53	1.25
1.3	6.64	4.96	3.74	3.21	2.67	2.34	1.94	1.34	0.72	0.51	0.33	0.04	-0.21	-0.43	-0.87	-0.72	-0.85	-1.06	-1.20	-1.28	-1.38	-1.48	1.3
1.35	6.74	5.02	3.78	3.24	2.69	2.36	1.94	1.34	0.72	0.50	0.32	0.03	-0.22	-0.44	-0.87	-0.72	-0.85	-1.05	-1.18	-1.28	-1.38	-1.44	1.35
1.4	6.87	5.09	3.85	3.27	2.71	2.37	1.95	1.34	0.71	0.49	0.31	0.02	-0.22	-0.44	-0.87	-0.72	-0.85	-1.04	-1.17	-1.23	-1.32	-1.39	1.4
1.45	6.98	5.19	3.87	3.30	2.72	2.38	1.95	1.33	0.70	0.48	0.30	0.01	-0.23	-0.44	-0.87	-0.72	-0.85	-1.03	-1.15	-1.21	-1.29	-1.35	1.45
1.5	7.09	5.28	3.91	3.33	2.74	2.39	1.96	1.33	0.69	0.47	0.30	0.00	-0.24	-0.44	-0.87	-0.72	-0.85	-1.02	-1.13	-1.18	-1.26	-1.31	1.5
1.55	7.20	5.32	3.95	3.36	2.76	2.40	1.96	1.33	0.68	0.46	0.29	0.01	-0.24	-0.45	-0.87	-0.72	-0.85	-1.00	-1.12	-1.16	-1.23	-1.28	1.55
1.6	7.31	5.37	3.99	3.39	2.78	2.42	1.97	1.33	0.68	0.46	0.28	0.02	-0.25	-0.46	-0.87	-0.72	-0.85	-0.99	-1.10	-1.14	-1.20	-1.24	1.6
1.65	7.42	5.44	4.03	3.42	2.80	2.43	1.97	1.32	0.67	0.45	0.27	0.02	-0.26	-0.46	-0.87	-0.72	-0.85	-0.98	-1.08	-1.12	-1.17	-1.20	1.65
1.7	7.54	5.50	4.07	3.44	2.82	2.44	1.98	1.32	0.66	0.44	0.26	0.03	-0.27	-0.47	-0.87	-0.72	-0.85	-0.97	-1.06	-1.10	-1.14	-1.17	1.7
1.75	7.65	5.57	4.11	3.47	2.83	2.45	1.98	1.32	0.65	0.43	0.25	0.04	-0.28	-0.46	-0.87	-0.72	-0.85	-0.96	-1.04	-1.08	-1.12	-1.14	1.75

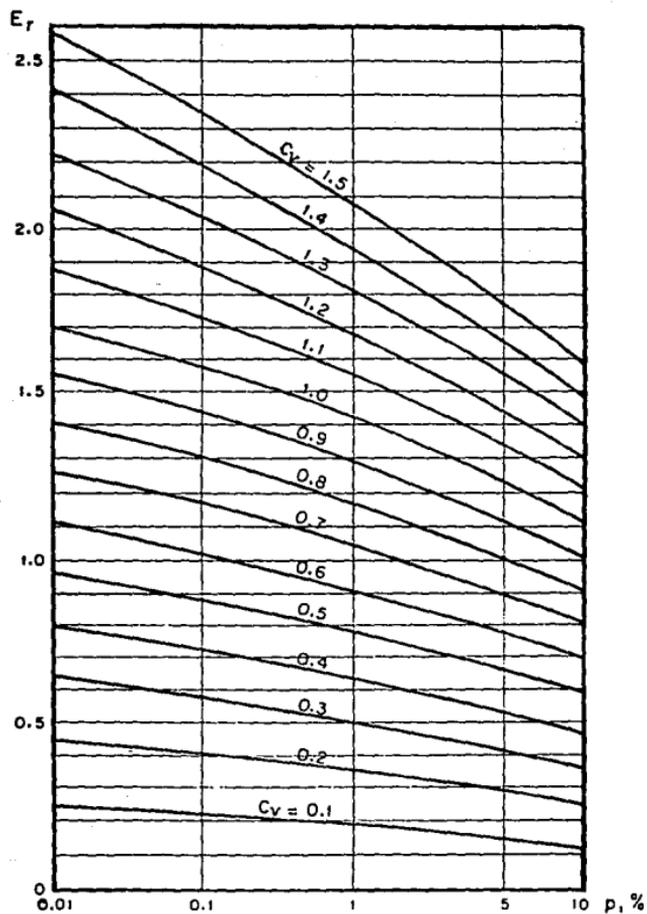
TABLA 4b.- METODO DE LEBEDIEV. VALORES DE K EN FUNCION DE Cs.

Cs	P en %																			Cs			
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95		97	99	99.9
1.8	7.76	5.64	4.15	3.30	2.89	2.46	1.99	1.32	0.84	0.42	0.24	-0.05	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.94	-1.02	-1.06	-1.09	-1.11	1.8
1.85	7.67	5.70	4.19	3.52	2.86	2.46	1.99	1.32	0.84	0.42	0.23	-0.06	-0.28	-0.48	-0.64	-0.73	-0.80	-0.93	-1.00	-1.04	-1.06	-1.08	1.85
1.9	7.98	5.77	4.23	3.55	2.88	2.49	2.00	1.31	0.83	0.40	0.22	-0.07	-0.29	-0.48	-0.64	-0.72	-0.79	-0.92	-0.98	-1.01	-1.04	-1.05	1.9
1.95	8.10	5.84	4.27	3.58	2.89	2.50	2.00	1.30	0.82	0.40	0.21	-0.08	-0.30	-0.48	-0.64	-0.72	-0.78	-0.91	-0.96	-0.99	-1.02	-1.02	1.95
2.0	8.21	5.91	4.30	3.60	2.91	2.51	2.00	1.30	0.81	0.39	0.20	-0.06	-0.31	-0.49	-0.64	-0.71	-0.78	-0.90	-0.950	-0.97	-0.990	-1.00	2.0
2.05	5.97	4.34	3.63	2.92	2.52	2.00	1.30	0.60	0.38	0.19	-0.09	-0.32	-0.49	-0.64	-0.71	-0.77	-0.89	-0.932	-0.95	-0.967	-0.976	2.05	
2.1	6.04	4.38	3.65	2.94	2.53	2.01	1.29	0.59	0.37	0.18	-0.10	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.866	-0.914	-0.930	-0.945	-0.953	2.1	
2.15	6.09	4.47	3.66	2.94	2.53	2.01	1.28	0.58	0.30	0.17	-0.11	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.854	-0.898	-0.913	-0.925	-0.931	2.15	
2.2	6.14	4.46	3.68	2.95	2.54	2.02	1.27	0.57	0.35	0.16	-0.12	-0.33	-0.50	-0.64	-0.69	-0.75	-0.842	-0.882	-0.895	-0.902	-0.910	2.2	
2.25	6.20	4.49	3.70	2.96	2.54	2.02	1.26	0.56	0.33	0.15	-0.12	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.828	-0.866	-0.878	-0.886	-0.890	2.25	
2.3	6.26	4.52	3.73	2.98	2.54	2.01	1.26	0.55	0.32	0.14	-0.13	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.815	-0.850	-0.867	-0.870	2.3		
2.35	6.31	4.55	3.75	3.00	2.57	2.01	1.25	0.53	0.30	0.13	-0.13	-0.34	-0.50	-0.62	-0.67	-0.73	-0.803	-0.835	-0.843	-0.848	-0.852	2.35	
2.4	6.37	4.59	3.78	3.02	2.60	2.00	1.25	0.52	0.29	0.12	-0.14	-0.35	-0.51	-0.62	-0.67	-0.72	-0.792	-0.820	-0.826	-0.830	-0.834	2.4	
2.45	6.43	4.62	3.80	3.03	2.61	2.00	1.24	0.51	0.28	0.11	-0.15	-0.36	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.780	-0.805	-0.810	-0.815	-0.817	2.45	
2.5	6.50	4.66	3.82	3.05	2.62	2.00	1.23	0.50	0.27	0.10	-0.16	-0.36	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.780	-0.790	-0.795	-0.800	-0.800	2.5	
2.55	6.52	4.68	3.84	3.06	2.62	2.00	1.22	0.49	0.26	0.093	-0.16	-0.36	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.757	-0.777	-0.780	-0.785	-0.785	2.55	
2.6	6.54	4.71	3.86	3.08	2.63	2.00	1.21	0.48	0.25	0.085	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.746	-0.764	-0.766	-0.770	-0.770	2.6	
2.65	6.64	4.75	3.89	3.09	2.63	2.00	1.20	0.47	0.24	0.078	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.63	-0.69	-0.734	-0.750	-0.752	-0.755	-0.755	2.65	
2.7	6.75	4.80	3.92	3.10	2.64	2.00	1.19	0.46	0.24	0.070	-0.18	-0.38	-0.51	-0.61	-0.65	-0.68	-0.724	-0.736	-0.739	-0.740	-0.740	2.7	
2.75	6.80	4.83	3.94	3.11	2.64	2.00	1.18	0.45	0.23	0.063	-0.19	-0.38	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.713	-0.724	-0.726	-0.727	-0.728	2.75	
2.8	6.86	4.86	3.96	3.12	2.65	2.00	1.18	0.44	0.22	0.057	-0.20	-0.39	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.703	-0.711	-0.714	-0.715	-0.715	2.8	
2.85	6.93	4.88	3.98	3.12	2.65	2.00	1.16	0.42	0.21	0.046	-0.20	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.66	-0.692	-0.700	-0.702	-0.702	-0.702	2.85	
2.9	7.00	4.91	4.01	3.12	2.66	1.99	1.15	0.41	0.20	0.041	-0.21	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.65	-0.691	-0.698	-0.698	-0.698	-0.698	2.9	
2.95	7.05	4.92	4.03	3.13	2.66	1.98	1.14	0.40	0.19	0.034	-0.21	-0.39	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.672	-0.677	-0.678	-0.678	-0.678	2.95	
3.0	7.10	4.95	4.05	3.14	2.66	1.97	1.13	0.39	0.19	0.027	-0.22	-0.40	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.661	-0.665	-0.666	-0.666	-0.666	3.0	
3.05	7.16	4.98	4.07	3.14	2.66	1.97	1.12	0.38	0.18	0.018	-0.22	-0.40	-0.51	-0.58	-0.61	-0.63	-0.651	-0.655	-0.656	-0.656	-0.656	3.05	
3.1	7.23	5.01	4.09	3.14	2.66	1.97	1.11	0.37	0.17	0.010	-0.23	-0.40	-0.51	-0.58	-0.60	-0.62	-0.641	-0.645	-0.646	-0.646	-0.646	3.1	
3.15	7.27	5.04	4.10	3.14	2.66	1.96	1.10	0.36	0.16	0.002	-0.24	-0.40	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.631	-0.635	-0.636	-0.636	-0.636	3.15	
3.2	7.35	5.08	4.11	3.14	2.66	1.96	1.09	0.35	0.15	-0.008	-0.25	-0.41	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.621	-0.625	-0.625	-0.625	-0.625	3.2	
3.25	7.37	5.11	4.13	3.14	2.66	1.95	1.08	0.34	0.14	-0.014	-0.25	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.60	-0.613	-0.616	-0.616	-0.616	-0.616	3.25	
3.3	7.44	5.14	4.15	3.14	2.66	1.95	1.07	0.33	0.13	-0.022	-0.26	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.59	-0.603	-0.606	-0.606	-0.606	-0.606	3.3	
3.35	7.49	5.16	4.16	3.14	2.66	1.94	1.07	0.32	0.12	-0.029	-0.26	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.596	-0.597	-0.597	-0.597	-0.597	3.35	
3.4	7.54	5.19	4.18	3.15	2.66	1.94	1.06	0.31	0.11	-0.036	-0.27	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.586	-0.587	-0.589	-0.589	-0.589	3.4	
3.45	7.59	5.22	4.19	3.15	2.66	1.93	1.05	0.30	0.09	-0.042	-0.27	-0.41	-0.50	-0.54	-0.56	-0.57	-0.578	-0.579	-0.580	-0.580	-0.580	3.45	
3.5	7.64	5.25	4.21	3.16	2.66	1.93	1.04	0.29	0.08	-0.049	-0.28	-0.41	-0.50	-0.54	-0.55	-0.56	-0.570	-0.571	-0.571	-0.571	-0.571	3.5	

TABLA 4c.- METODO DE LEBEDIEV.

VALORES DE K EN FUNCION DE Cs.

G	P en %																			G				
	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95		97	99	99,9	
3,53	7,88	5,27	4,22	3,14	2,64	1,93	1,03	0,28	0,072	-0,060	-0,28	-0,41	-0,49	-0,54	-0,54	-0,55	-0,562	-0,564	-0,564	-0,564	-0,564	-0,564	-0,564	3,53
3,6	7,72	5,10	4,24	3,12	2,65	1,93	1,03	0,28	0,064	-0,071	-0,28	-0,42	-0,49	-0,54	-0,55	-0,55	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	3,6
3,65	7,79	5,32	4,25	3,17	2,66	1,92	1,02	0,27	0,054	-0,078	-0,28	-0,42	-0,48	-0,53	-0,53	-0,54	-0,548	-0,549	-0,549	-0,549	-0,549	-0,549	-0,549	3,65
3,7	7,86	5,35	4,26	3,18	2,65	1,91	1,01	0,26	0,046	-0,084	-0,29	-0,42	-0,48	-0,52	-0,53	-0,54	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	3,7
3,75	7,91	5,37	4,27	3,18	2,66	1,90	1,00	0,25	0,040	-0,089	-0,29	-0,42	-0,48	-0,51	-0,52	-0,53	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	3,75
3,8	7,97	5,40	4,28	3,18	2,65	1,90	1,00	0,24	0,032	-0,095	-0,30	-0,42	-0,48	-0,51	-0,52	-0,52	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	3,8
3,85	8,02	5,42	4,31	3,19	2,65	1,90	0,99	0,23	0,026	-0,103	-0,30	-0,41	-0,47	-0,50	-0,51	-0,51	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	3,85
3,9	8,08	5,45	4,32	3,20	2,65	1,90	0,98	0,23	0,020	-0,11	-0,30	-0,41	-0,47	-0,50	-0,51	-0,51	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	3,9
3,95	8,12	5,47	4,33	3,20	2,65	1,90	0,97	0,22	0,015	-0,11	-0,30	-0,41	-0,46	-0,49	-0,50	-0,50	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	3,95
4,0	8,17	5,50	4,34	3,20	2,65	1,90	0,96	0,21	0,010	-0,12	-0,31	-0,41	-0,46	-0,49	-0,49	-0,50	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	4,0
4,05	8,23	5,52	4,35	3,21	2,65	1,89	0,95	0,20	0,005	-0,12	-0,31	-0,41	-0,46	-0,48	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	4,05
4,1	8,29	5,55	4,36	3,22	2,65	1,89	0,95	0,20	0,001	-0,13	-0,31	-0,41	-0,46	-0,48	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	-0,484	4,1
4,15	8,33	5,57	4,37	3,25	2,65	1,88	0,94	0,19	-0,003	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45	-0,47	-0,478	-0,480	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	4,15
4,2	8,38	5,60	4,39	3,24	2,64	1,88	0,93	0,19	-0,010	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45	-0,47	-0,473	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	4,2
4,25	8,43	5,62	4,39	3,24	2,64	1,87	0,92	0,18	-0,015	-0,13	-0,31	-0,40	-0,44	-0,46	-0,467	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	4,25
4,3	8,49	5,65	4,40	3,24	2,64	1,87	0,92	0,17	-0,021	-0,14	-0,32	-0,40	-0,44	-0,46	-0,462	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	4,3
4,35	8,54	5,67	4,41	3,25	2,63	1,86	0,91	0,16	-0,026	-0,14	-0,32	-0,40	-0,44	-0,455	-0,458	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	4,35
4,4	8,60	5,69	4,42	3,25	2,63	1,86	0,91	0,15	-0,032	-0,15	-0,32	-0,40	-0,44	-0,451	-0,454	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	4,4
4,45	8,64	5,71	4,43	3,25	2,63	1,85	0,90	0,14	-0,037	-0,15	-0,32	-0,40	-0,43	-0,448	-0,449	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	4,45
4,5	8,69	5,74	4,44	3,26	2,62	1,85	0,89	0,14	-0,042	-0,16	-0,32	-0,40	-0,43	-0,444	-0,444	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	4,5
4,55	8,74	5,75	4,45	3,26	2,62	1,84	0,88	0,13	-0,047	-0,16	-0,32	-0,40	-0,42	-0,436	-0,439	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	4,55
4,6	8,79	5,79	4,46	3,27	2,62	1,84	0,87	0,13	-0,052	-0,17	-0,32	-0,40	-0,42	-0,432	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	4,6
4,65	8,84	5,81	4,47	3,27	2,61	1,83	0,86	0,12	-0,058	-0,17	-0,32	-0,40	-0,42	-0,428	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	-0,430	4,65
4,7	8,89	5,84	4,49	3,28	2,61	1,83	0,85	0,11	-0,064	-0,18	-0,32	-0,40	-0,42	-0,424	-0,425	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	4,7
4,75	8,92	5,86	4,49	3,28	2,61	1,82	0,83	0,10	-0,069	-0,18	-0,32	-0,395	-0,415	-0,420	-0,420	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	4,75
4,8	8,96	5,89	4,50	3,29	2,60	1,81	0,82	0,10	-0,075	-0,19	-0,32	-0,39	-0,41	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	4,8
4,85	9,00	5,92	4,50	3,29	2,60	1,80	0,81	0,092	-0,081	-0,19	-0,32	-0,388	-0,405	-0,411	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	4,85
4,9	9,04	5,95	4,51	3,30	2,60	1,80	0,80	0,084	-0,087	-0,19	-0,33	-0,386	-0,401	-0,407	-0,408	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	4,9
4,95	9,08	5,92	4,52	3,31	2,60	1,79	0,79	0,076	-0,093	-0,19	-0,33	-0,383	-0,398	-0,403	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	4,95
5,0	9,12	5,94	4,54	3,32	2,60	1,78	0,78	0,068	-0,099	-0,20	-0,33	-0,380	-0,395	-0,399	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	5,0
5,05	9,16	5,96	4,55	3,32	2,60	1,77	0,77	0,059	-0,105	-0,20	-0,33	-0,378	-0,391	-0,395	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	5,05
5,1	9,20	5,98	4,57	3,32	2,60	1,76	0,76	0,051	-0,110	-0,21	-0,33	-0,376	-0,388	-0,391	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	5,1
5,15	9,23	5,00	4,58	3,32	2,60	1,75	0,74	0,045	-0,115	-0,21	-0,33	-0,373	-0,385	-0,387	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	5,15
5,2	9,27	6,02	4,59	3,33	2,60	1,74	0,73	0,035	-0,120	-0,21	-0,33	-0,370	-0,382	-0,384	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	5,2



GRAFICA 2.- METODO DE LEBEDIEV

VALORES DE E_r EN FUNCION DE C_v Y P EN PORCENTA
JE.

Cs	PERIODOS DE RETORNO, EN AÑOS										
	1.01	1.05	1.11	1.25	2	5	10	25	50	100	200
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.656	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.155	4.051	4.870
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.444	1.195	2.277	3.124	4.011	4.909
2.8	-0.716	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.813
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.235	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.263	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.723	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.903	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.593	1.294	2.230	2.943	3.656	4.372
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.627	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.650	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.381	3.990
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.650	1.333	2.146	2.743	3.320	3.910
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.334	1.993	2.453	2.891	3.312
7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.133
5	-1.953	-1.491	-1.218	-0.856	-0.083	0.802	1.322	1.910	2.311	2.686	3.041
4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.810	1.317	1.880	2.263	2.615	2.949
3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.835	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.843	0	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326	2.576
-1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.177	2.388
-3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-10	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.584	1.664
-11	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.845	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-12	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.373	1.449	1.501
-13	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.842	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-14	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.842	1.041	1.196	1.276	1.318	1.351
-15	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.842	1.016	1.157	1.217	1.256	1.282
-16	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.837	0.994	1.110	1.166	1.197	1.216
-17	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.838	0.970	1.075	1.118	1.140	1.155
-18	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.031	1.069	1.087	1.097
-19	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.748	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-20	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.717	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-21	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.945	0.949
-22	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.732	0.844	0.888	0.900	0.925	0.907
-23	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.719	0.819	0.854	0.861	0.867	0.869
-24	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-25	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.799	0.799	0.800
-26	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-27	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.740	0.740	0.740	0.741
-28	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-29	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.390	0.651	0.681	0.683	0.687	0.690	0.690
-30	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

TABLA 5.- VALORES DE K EN FUNCION DEL PERIODO DE RETORNO --
y Cs.




```

10 REM PROGRAMA HECHO POR GUILLERMO BUENDIA ESPINOSA
20 REM PARA LA TESIS PROFESIONAL TITULADA
30 REM ESTIMACION DE GASTO DE DISEÑO PARA PROYECTO DE
40 REM UNA OBRA DE PROTECCION EN EL RIO SALADO, JAL.
50 REM EN LA UNIVERSIDAD LA SALLE
60 REM JUNIO DE 1990
70 COLOR 7.1
80 CLS
90 :SLM1=0!:SLM2=0!:SLM3=0!:SX12=0!:SX13=0!:SUMY=0!:SUMY2=0!
100 SUMXY=0!:SUMZ=0!:SUMZ2=0!:SUMXZ=0!
110 PRINT
120 INPUT "NOMBRE DE LA ESTACION HIDROMETRICA":B$
130 INPUT "NOMBRE DE LA CORRIENTE ":Q$
140 PRINT "ES PRECIPITACION O GASTO"
150 INPUT "ES ":W$
160 PRINT "LAS LECTURAS SON MM. O M3/SEG."
170 INPUT "ES EN ":Y$
180 PRINT
190 INPUT "          CUANTOS DATOS SON":N
200 PRINT
210 DIM X(N)
220 FOR J=1 TO N
230   PRINT USING "          DATO (##) ":J:INPUT "= ",X(J)
240   SUMX=SUMX+X(J)
250 NEXT J
260 INPUT "ESTAN BIEN TUS DATOS S/N ":S$
270 IF S$="N" THEN 190
280 FOR J=1 TO N
290   SLGX=SLGX+LOG(X(J))/LOG(10)
300   SUMX2=SUMX2+X(J)^2
310   SUMX3=SUMX3+X(J)^3
320 NEXT J
330   XM=SUMX/N
340   LGM=SLGX/N
350 FOR J=1 TO N
360   SX1M2=SX1M2+(X(J)/XM-1)^2
370   SX1M3=SX1M3+(X(J)/XM-1)^3
380   SLM2=SLM2+((LOG(X(J))/LOG(10))-LGM)^2
390   SLM3=SLM3+((LOG(X(J))/LOG(10))-LGM)^3
400   SX12=SX12+(X(J)-XM)^2
410   SX13=SX13+(X(J)-XM)^3
420   P=P+1
430   SUMY=SUMY+(LOG(LOG(P/(P-(J))))/LOG(10))/LOG(10)
440   SUMY2=SUMY2+(LOG(LOG(P/(P-(J))))/LOG(10))/LOG(10)^2
450   SUMXY=SUMXY+X(J)*(LOG(LOG(P/(P-(J))))/LOG(10))/LOG(10)
460   SUMZ=SUMZ+LOG(P/(J))/LOG(10)
470   SUMZ2=SUMZ2+(LOG(P/(J))/LOG(10))^2
480   SUMXZ=SUMXZ+X(J)*LOG(P/(J))/LOG(10)
490 NEXT J
500   YM=SUMY/N
510 CLS
520 INPUT "CUANTOS PERIODOS DE RETORNO QUIERES":M

```

```

530 PRINT
540 DIM TR(M)
550 FOR L=1 TO M
560   INPUT "   PERIODO DE RETORNO EN AÑOS=":TR(L)
570 NEXT L
580 PRINT
590 PRINT
600 INPUT "ESTAN BIEN TUS DATOS S/N":S#
610 IF S#="N" THEN 510
620 COLOR 3,1
630 CLS
640 PRINT TAB(30)"*****"
650 PRINT TAB(30)"* METODO DE NASH *"
660 PRINT TAB(30)"*****"
670 PRINT TAB(20)Q#
680 SINH=N#SUMY2-SUMY^2
690 S2NH=N#SUMX2-SUMX^2
700 S3NH=N#SUMXY-SUMX#SUMY
710 CNH=(SUMXY-N#XM#YM)/(SUMY2-N#YM^2)
720 ANH=XM-CNH#YM
730 XDNH=0
740 S4NH=S2NH/(N-1)
750 S5NH=(1/(N-2))*(SINH)/(S2NH-S3NH^2/SINH)
760 PRINT TAB(25)"RESULTADOS DEL METODO DE NASH"
770 PRINT
780 FOR L=1 TO M
790   YL(L)=LOG(LOG(TR(L)/(TR(L)-1)/LOG(10)/LOG(10)
800   ZNH(L)=2#SQR(S4NH+(YL(L)-YM)^2*(S5NH)
810     XHN(L)=ANH+CNH*YL(L)
820     XDNH(L)=XHN(L)+ZNH(L)
830 PRINT TAB(20)"PERIODO DE RETORNO = ":TR(L);
   "   ":XDNH(L)
840 NEXT L
850 PRINT
860 PRINT
870 INPUT "DESEAS RECTIFICAR ALGO S/N":S#
880 IF S#="S" THEN 680
890 COLOR 4,7
900 CLS
910 PRINT
920 PRINT TAB(20)"*****"
930 PRINT TAB(20)"* METODO DE GUMBEL *"
940 PRINT TAB(20)"*****"
950 PRINT TAB(15)Q#
960 PRINT TAB(25)"VER TABLA D GUMBEL"
970 PRINT
980 PRINT TAB(20)"VALORES CONFORME A N=":N#":
990 INPUT "   DAR Sa=":SNET
1000 INPUT "   DAR Ya=":YNGT
1010 PRINT
1020 PRINT
1030 CVG=SQR(SXIM2/(N-1))
1040 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS S/N":S#
1050 IF S#="N" THEN 980
1060 CLS

```

```

1070 PRINT
1080 PRINT TAB(25)"RESULTADOS DEL METODO DE GUMBEL"
1090 PRINT TAB(20)Q$
1100 PRINT
1110 FOR L=1 TO M
1120 KG(L)=- (1/SNGT)*LOG(-LOG((TR(L)-1)/TR(L)))-YNGT/SNGT
1130 XMG(L)=XM*(1+KG(L)*CVB)
1140 PRINT TAB(20)"PERIODO DE RETORNO = ";TR(L);
" ";XMG(L)
1150 NEXT L
1160 PRINT
1170 PRINT
1180 INPUT "DESEA RECTIFICAR ALGO S/N";S$
1190 IF S$="S" THEN 990
1200 COLOR 9,2
1210 CLS
1220 PRINT
1230 PRINT TAB(20)"*****"
1240 PRINT TAB(20)"* METODO DE LEBEDIEV *"
1250 PRINT TAB(20)"*****"
1260 PRINT TAB(15)Q$
1270 IF N>40 THEN 1520
1280 IF NK=40 THEN 1290
1290 PRINT TAB(10) "PARA QUE TIPO DE CORRIENTE PRODUCIDA"
1300 PRINT TAB(10)"POR DESHIELD 1"
1310 PRINT TAB(10)"POR TORMENTA 2"
1320 PRINT TAB(10)"POR TORMENTA EN CUENCA CICLONICA 3"
1330 CVL=SQR(SXIM2/N)
1340 CSL= SXIM3/(N*CVL^3)
1350 PRINT
1360 INPUT" TIPO SELECCIONADO NUM=";Z
1370 IF Z=1 THEN 1410
1380 IF Z=2 THEN 1430
1390 IF Z=3 THEN 1450
1400 GOTO 1360
1410 CSL1=2*CVL
1420 GOTO 1460
1430 CSL1=3*CVL
1440 GOTO 1460
1450 CSL1=5*CVL
1460 AL=1.5-N*(.02)
1470 PRINT
1480 PRINT TAB(25)"VER TABLA 4 LEBEDIEV"
1490 PRINT
1500 IF CSL1>CSL THEN 1550
1510 IF CSL1<CSL THEN 1570
1520 CSL= SXIM3/(N*CVL^3)
1530 AL=.7
1540 GOTO 1570
1550 PRINT TAB(25)"CON EL VALOR DE CS=";CSL1;"
1560 GOTO 1580
1570 PRINT TAB(25)"CON EL VALOR DE CS=";CSL;"
1580 FOR L=1 TO M
1590 PRINT TAB(15)"EL PORCENTAJE ES=";100/TR(L);"

```

```

1600 INPUT "                EL VALOR DE K=";KLT(L)
1610 NEXT L
1620 PRINT
1630 PRINT
1640 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS DE K  S/N";S*
1650 CLS
1660 IF S*="N" THEN 1290
1670 PRINT
1680 PRINT TAB(25)"VER GRAFICA 2 DE LEBEDIEV"
1690 PRINT
1700 PRINT TAB(25)"CON EL VALOR DE CV=";CVL;""
1710 PRINT
1720 FOR L=1 TO M
1730 PRINT TAB(15)"EL PORCENTAJE ES=";100/TR(L);""
1740 INPUT "                LA LECTURA DE ER=";ER(L)
1750 NEXT L
1760 PRINT
1770 PRINT
1780 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS DE ER  S/N";S*
1790 IF S*="N" THEN 1680
1800 CLS
1810 PRINT TAB(25)"RESULTADOS DEL METODO DE LEBEDIEV"
1820 PRINT TAB(25)Q*
1830 PRINT
1840 FOR L=1 TO M
1850     XLB(L)=XM*(KLT(L)*CVL+1)
1860     ZLB(L)=(AL*ER(L)*XLB)/SQR(N)
1870     XDLB(L)=XLB(L)+ZLB(L)
1880     PRINT TAB(20)"PERIODO DE RETORNO = ";TR(L);
"
"     ",XDLB(L)
1890 NEXT L
1900 PRINT
1910 PRINT
1920 INPUT "DESEAS RECTIFICAR ALGO  S/N";S*
1930 IF S*="S" THEN 1410
1940 COLOR 6,3
1950 CLS
1960 PRINT
1970 PRINT TAB(20)"*****"
1980 PRINT TAB(20)"* METODO DE LOG-PEARSON TIPO III *"
1990 PRINT TAB(20)"*****"
2000 PRINT TAB(20)Q*
2010 SLOGX=SQR(SLM2/(N-1))
2020 CSLP=N*SLM3/((N-1)*(N-2)*SLOGX^3)
2030 PRINT
2040 PRINT TAB(15)"VER TABLA 5 LOG-PEARSON TIPO III"
2050 PRINT
2060 PRINT TAB(15)"CON EL VALOR DE CS=";CSLP;""
2070 PRINT
2080 FOR L=1 TO M
2090 PRINT TAB(15)"EL PERIODO DE RETORNO ES= ";TR(L);""
2100 INPUT "                LA LECTURA DE K= ";KLP(L)
2110 NEXT L
2120 PRINT

```

```

2130 PRINT
2140 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS DE K S/N":S$
2150 IF S$="N" THEN 2040
2160 CLS
2170 PRINT
2180 PRINT
2190 PRINT
TAB(20)"RESULTADOS DEL METODO LOG-PEARSON TIPO III"
2200 PRINT TAB(20)Q$
2210 FOR L=1 TO M
2220 XLP(L)=LGM+KLP(L)*SLOGX
2230 XDLP(L)=10^(XLP(L))
2240 PRINT TAB(20)"PERIODO DE RETORNO = ";TR(L);
"
";XDLP(L)
2250 NEXT L
2260 PRINT
2270 PRINT
2280 INPUT "DESEAS RECTIFICAR ALGO S/N":S$
2290 IF S$="S" THEN 2040
2300 COLOR 1.2
2310 CLS
2320 PRINT
2330 PRINT
2340 PRINT TAB(20)"*****"
2350 PRINT TAB(20)"* METODO DE PEARSON TIPO III *"
2360 PRINT TAB(20)"*****"
2370 PRINT TAB(20)Q$
2380 SXP3=SQR(SX12/(N-1))
2390 CSP3=N*SX13/((N-1)*(N-2)*(SXP3^3))
2400 PRINT TAB(20)"VER TABLA 5 DE PEARSON TIPO III"
2410 PRINT TAB(20)"EL VALOR DE CS=";CSP3;"
2420 FOR L=1 TO M
2430 PRINT TAB(15)"EL PERIODO DE RETORNO ES=";TR(L);"
EL VALOR DE K=";KP3(L)
2440 INPUT "
2450 NEXT L
2460 PRINT
2470 PRINT
2480 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS S/N":S$
2490 IF S$="N" THEN 2400
2500 CLS
2510 PRINT
TAB(20)"RESULTADOS DEL METODO DE PEARSON TIPO III"
2520 PRINT TAB(20)Q$
2530 FOR L=1 TO M
2540 XPT(L)=XM+K*P3(L)*SXP3
2550 PRINT TAB(20)"PERIODO DE RETORNO = ";TR(L);
"
";XPT(L)
2560 NEXT L
2570 PRINT
2580 PRINT
2590 INPUT "DESEAS RECTIFICAR ALGO S/N":S$
2600 IF S$="S" THEN 2400
2610 COLOR 14.4
2620 CLS
2630 PRINT TAB(20)"*****"
2640 PRINT TAB(20)"* METODO DE MINIMOS CUADRADOS *

```

```

2650 PRINT TAB(20) "*****"
2660 PRINT TAB(20) Q%
2670
RXZ=(N*SUMXZ-SUMZ*SUMX)/SQRT((N*SUMZ2-SUMZ^2)*(N*SUMX2-SUMX^2))
2680 PRINT TAB(15) "EL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL"
2690 BMC=(N*SUMXZ-SUMZ*SUMX)/(N*SUMZ2-SUMZ^2)
2700 AMC=(SUMX*SUMZ2-SUMZ*SUMXZ)/(N*SUMZ2-SUMZ^2)
2710 IF RXZ<=1 THEN 2740
2720 IF RXZ>1 THEN 2830
2730 PRINT
2740 PRINT TAB(15) "":RXZ:"<=1      ES CORRECTO"
2750 PRINT
2760 PRINT TAB(20) "RESULTADOS DEL METODO DE MINIMOS CUADRADOS"
2770 PRINT
2780 FOR L=1 TO M
2790   XDMC(L)=AMC+BMC*(LOG(TR(L))/LOG(10))
2800   PRINT TAB(20) "PERIODO DE RETORNO =  ":TR(L);
      "   ":XDMC(L)
2810 NEXT L
2820 GOTO 2850
2830 PRINT TAB(15) "":RXZ:">1      ES INCORRECTO"
2840 PRINT TAB(15) "NO USAR ESTE METODO COMO AUXILIAR"
2850 PRINT
2860 PRINT
2870 INPUT "DESEA RECTIFICAR ALGO   S/N":S%
2880 IF S%="S" THEN 2680
2890 COLOR 2,9
2900 CLS
2910 PRINT
2920 LPRINT
2930 PRINT TAB(25) "ESTACION HIDROMETRICA  ":B%
2940 LPRINT TAB(25) "ESTACION HIDROMETRICA  ":B%
2950 PRINT
2960 LPRINT
2970 PRINT TAB(25) Q%
2980 LPRINT TAB(25) Q%
2990 PRINT
3000 LPRINT
3010 PRINT TAB(30) W%
3020 LPRINT TAB(30) W%
3030 PRINT
3040 LPRINT
3050 PRINT TAB(25) " NUMERO      REGISTRO  TR"
3060 LPRINT TAB(25) " NUMERO      REGISTRO  TR"
3070 PRINT TAB(25) "DE ORDEN      "Y$:TAB(46) "AÑOS"
3080 LPRINT TAB(25) "DE ORDEN      "Y$:TAB(46) "AÑOS"
3085 PRINT
3086 LPRINT
3090 FOR J=1 TO N
3100   PRINT
TAB(25) USING "###      ###.##   ###.##": (J), X(J), P/(J)
3110   LPRINT
TAB(25) USING "###      ###.##   ###.##": (J), X(J), P/(J)

```

```

3120 NEXT J
3130 PRINT
3140 LPRINT
3150 INPUT "QUIERES REVISAR LOS DATOS S/N?":S$
3160 IF S$="S" THEN 2910
3170 COLOR 4,7
3180 CLS
3190 PRINT
3200 LPRINT
3210 Z$=STRING$(10,249)
3220 PRINT
Z$"R E S U L T A D O S   D E   L O S   M E T O D O S "Z$
3230 LPRINT
Z$"R E S U L T A D O S   D E   L O S   M E T O D O S "Z$
3240 PRINT "      ESTACION HIDROMETRICA "B$
3250 LPRINT "      ESTACION HIDROMETRICA "B$
3260 PRINT TAB(5)Q$
3270 LPRINT TAB(5)Q$
3280 X$=STRING$(70,205)
3290 PRINT TAB(5)W$;" "Y$
3300 LPRINT TAB(5)W$;" "Y$
3310 PRINT TAB(2)X$
3320 LPRINT TAB(2)X$
3330 PRINT TAB(5)"TR";TAB(14)"NASH";TAB(23)"GUMBEL";TAB(31)
"LEBEDIEV";TAB(41)"L-PEARSON";TAB(52)"PEARSON";TAB(62)"MINIMOS"
3340 LPRINT TAB(5)"TR";TAB(14)"NASH";TAB(23)"GUMBEL";TAB(31)
"LEBEDIEV";TAB(41)"L-PEARSON";TAB(52)"PEARSON";TAB(62)"MINIMOS"
3350 PRINT TAB(2)"(AROS)";TAB(41)"TIPO III";TAB(61)"CUADRADOS"
3360 LPRINT TAB(2)"(AROS)";TAB(41)"TIPO III";TAB(61)"CUADRADOS"
3370 PRINT TAB(2)X$
3380 LPRINT TAB(2)X$
3390 FOR L=1 TO M
3400 PRINT USING"####.## " ;TR(L),XDNH(L),XMG(L),XDLB(L),
XDLP(L),XPT(L),XDMC(L)
3410 LPRINT USING"####.## " ;TR(L),XDNH(L),XMG(L),XDLB(L),
XDLP(L),XPT(L),XDMC(L)
3420 NEXT L
3430 PRINT TAB(2)X$
3440 LPRINT TAB(2)X$
3450 END

```

ESTACION HIDROMETRICA EL SALITRE
 RIO COCULA ESTADO DE JALISCO
 FRECIPITACION

NUMERO DE ORDEN	PRECIPITACION MM.	TAM- ANOS
1	98.00	27.00
2	90.50	13.50
3	78.50	3.00
4	65.50	6.75
5	64.10	5.40
6	63.80	4.50
7	63.60	3.80
8	62.90	3.36
9	62.40	3.00
10	60.10	2.70
11	58.00	2.45
12	57.40	2.25
13	55.90	2.05
14	55.50	1.95
15	55.00	1.80
16	53.40	1.65
17	51.90	1.55
18	47.60	1.50
19	45.70	1.42
20	45.00	1.35
21	43.10	1.25
22	40.90	1.23
23	40.00	1.17
24	40.00	1.13
25	39.60	1.05
26	32.00	1.04

TABLA 6

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 79

ESTACION HIDROMETRICA SAN MARTIN HIDALGO
RIO SAN MARTIN ESTADO DE JALISCO

GASTOS

NUMERO DE ORDEN	REGISTRO M3/SEG.	TR AÑOS
1	145.92	14.00
2	114.31	7.00
3	110.00	4.67
4	106.20	3.50
5	105.02	2.80
6	103.50	2.33
7	85.32	2.00
8	84.94	1.75
9	84.24	1.56
10	84.20	1.40
11	45.30	1.27
12	43.40	1.17
13	37.48	1.08

TABLA 7

.....R E S U L T A D O S D E L O S M E T O D O S
 ESTACION HIDROMETRICA EL SALITRE
 RIO COCLLA ESTADO DE JALISCO
 PRECIPITACION MM.

TR MMDS	NASH	GUMBEL	LEBEDIEV	L-PEARSON TIPO III	PEARSON	NININCE CUADRADOS
1.10	40.88	36.87	36.41	39.42	37.26	41.54
2.00	60.27	54.18	54.09	54.16	55.95	52.10
5.00	75.54	65.99	67.88	67.81	69.17	68.35
10.00	85.79	80.45	78.57	78.65	76.39	80.62
15.00	91.50	85.35	82.72	80.36	79.19	87.79
20.00	91.73	90.49	84.52	83.90	81.71	92.89
25.00	92.90	93.67	87.21	93.61	89.40	96.84
30.00	108.72	100.46	94.26	103.90	94.29	109.11
100.00	118.52	110.22	101.30	112.00	98.72	121.38

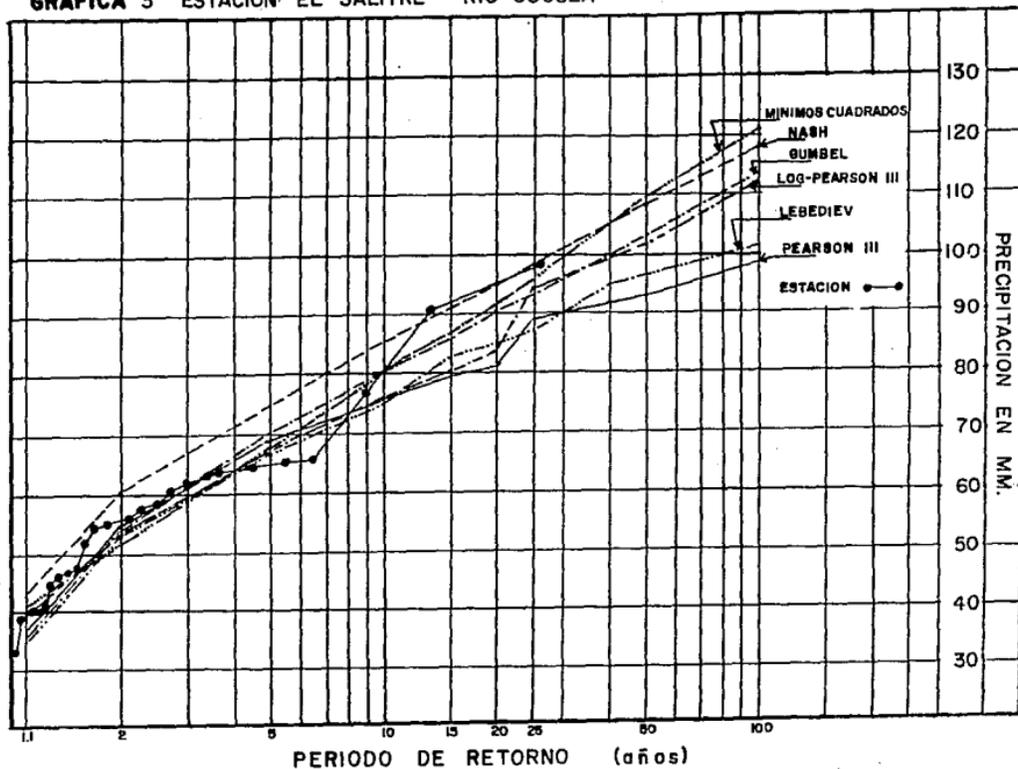
CUADRO 4

.....R E S U L T A D O S D E L O S M E T O D O S
 ESTACION HIDROMETRICA SAN MARTIN HIDALGO
 RIO SAN MARTIN ESTADO DE JALISCO
 GASTOS 13/SEG.

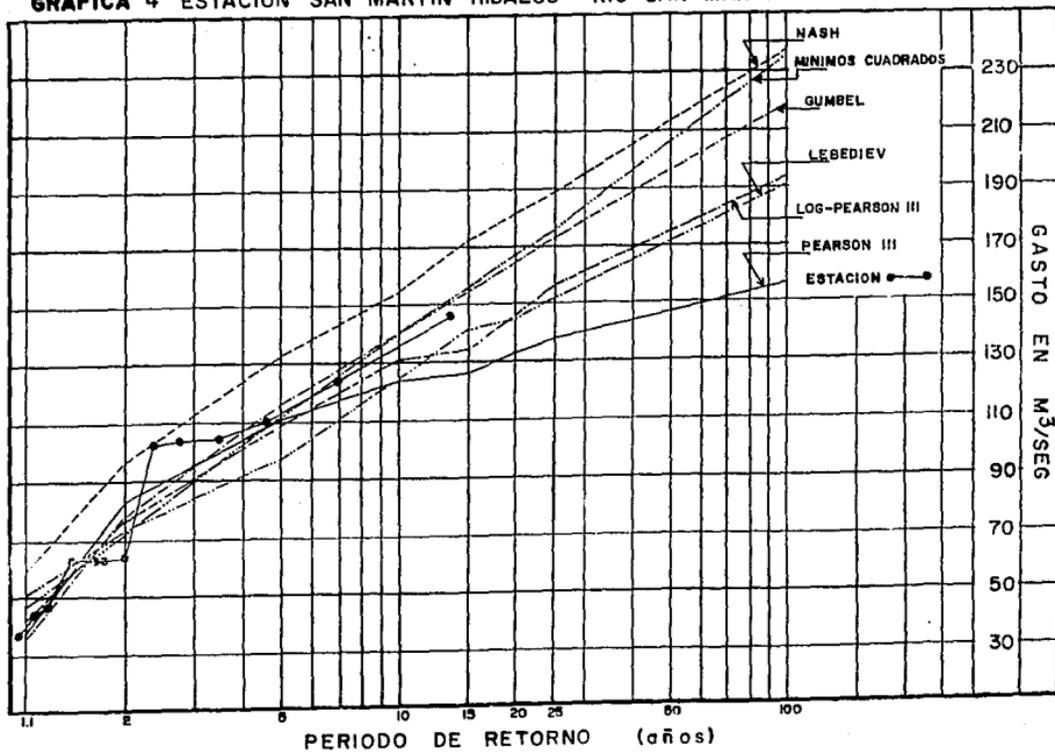
TF (AÑOS)	WASH	GUMBEL	LEBEDIEV	L-PEARSON TIPO III	PEARSON	MINIMOS CUADRADOS
1.10	59.2a	35.94	50.17	43.43	38.89	48.96
2.00	92.60	77.25	74.32	76.99	83.49	73.66
5.00	132.57	115.74	97.18	109.27	110.78	111.48
10.00	157.31	140.98	125.20	130.19	124.40	140.09
15.00	171.53	155.19	141.30	134.52	127.04	156.33
20.00	181.59	165.15	145.80	146.97	133.84	166.70
25.00	187.38	172.83	152.56	156.19	138.58	177.91
50.00	211.62	196.97	171.88	175.18	147.50	206.52
100.00	237.95	219.97	191.52	193.77	155.37	235.13

CUADRO, 5

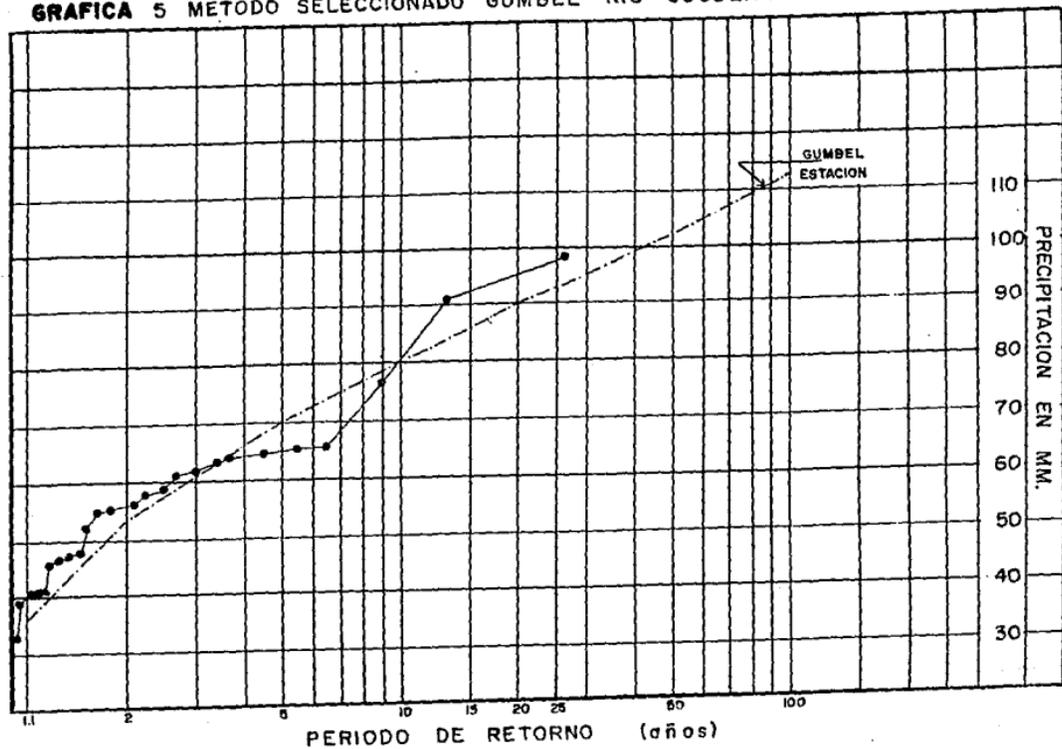
GRAFICA 3 ESTACION EL SALITRE "RIO COCULA"



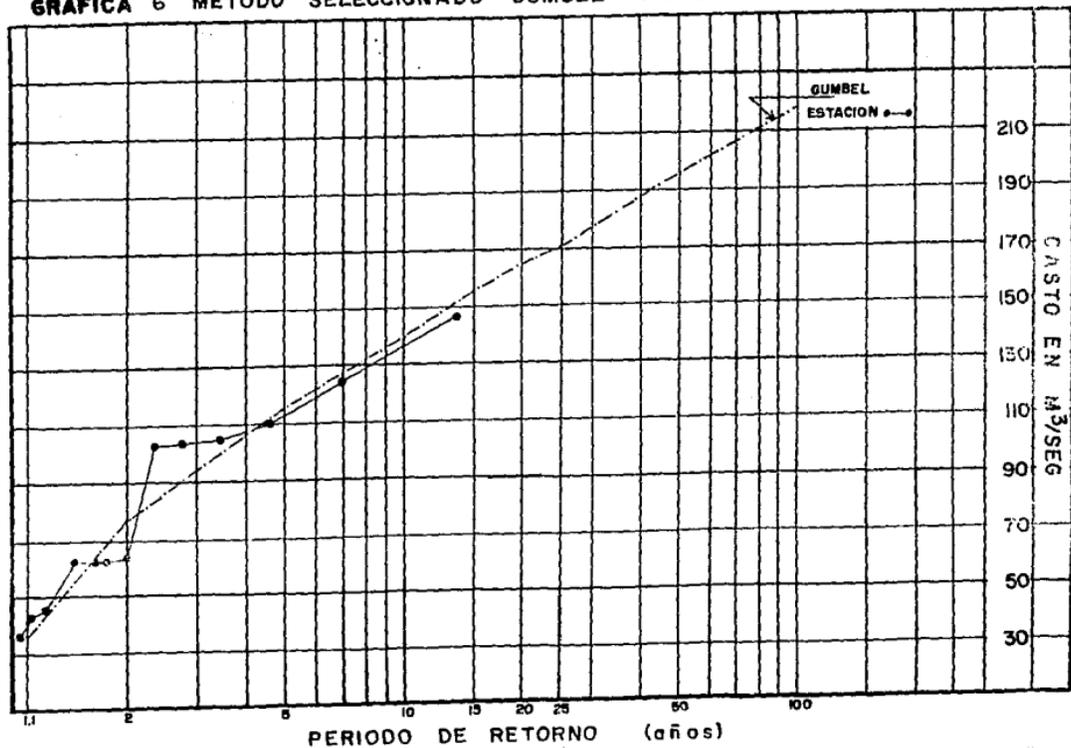
GRAFICA 4 ESTACION SAN MARTIN HIDALGO " RIO SAN MARTIN "



GRAFICA 5 METODO SELECCIONADO GUMBEL "RIO COCULA"



GRAFICA 6 METODO SELECCIONADO GUMBEL "RIO SAN MARTIN"



CALCULO DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO " CN "

USO DEL SUELO	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO	% DE AREA	N PARCIAL	" C "
AGOSTADERO	NORMAL	C	0.025	75	1.88
BOSQUE	NORMAL	C	0.383	72	27.57
USO AGRICOLA	SURCOS RECTOS	C	0.584	83	48.47
DESPROVISTO DE VEGETACION	NORMAL	C	0.008	79	0.68
SUMAS			1.000		78.55

CN = 78.5

CUADRO 7

```

10 REM ESTE PROGRAMA ES PARA EL CALCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACION
20 REM SE UTILIZAN LOS SIGUIENTES METODOS KIRPICH, KIRPICH 1, EN BASE
30 REM AL TIEMPO DE RETRASO, EMPIRICO Y EL DE LA AGENCIA FEDERAL DE AVIACION.
40 REM TODOS OS DATOS SERAN CONFORME A LAS UNIDADES QUE SE PIDAN.
50 REM SE TOMARA UN CRITERIO EN LOS RESULTADOS PARA TENER UN RESULTADO
60 REM ADECUADO PARA CONTINUAR EN OTROS CALCULOS QUE SE REQUIERAN.
70 REM EN CADA UNO DE LOS METODOS SE UTILIZAN DIFERENTES UNIDADES
80 REM EN EL PROGRAMA SE HOMOGENIZAN, PARA TENER LOS RESULTADOS EN HORAS.
90 REM ESTE PROGRAMA FUE HECHO POR GUILLERMO BUENDIA.
100 COLOR 0,C
110 W$=STRING$(75,205)
120 PRINT
130 CLR
140 PRINT
150 PRINT TAB(10): "CALCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACION"
160 PRINT
170 PRINT W$
180 PRINT
190 INPUT " NOMBRE DE LA CORRIENTE":A$
200 PRINT
210 PRINT W$
220 PRINT
230 INPUT " LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL EN KM. L = ":L
240 PRINT
250 INPUT " DESNIVEL DEL CAUCE PRINCIPAL EN M. H = ":H
260 PRINT
270 INPUT " PENDIENTE EN DECIMALES S = ":P
280 PRINT
290 INPUT " NUMERO DE CURVA DE ESCURRIMIENTO CN = ":CN
300 PRINT
310 PRINT W$
320 PRINT
330 INPUT "ESTAN BIEN LOS DATOS S/N ":B$
340 IF B$="N" THEN 100
350 T=1+(.0195*(L*1000)1.155/(H*.3048)1.385)/.60
360 S=(1000/CN-10)/.0254

```

```

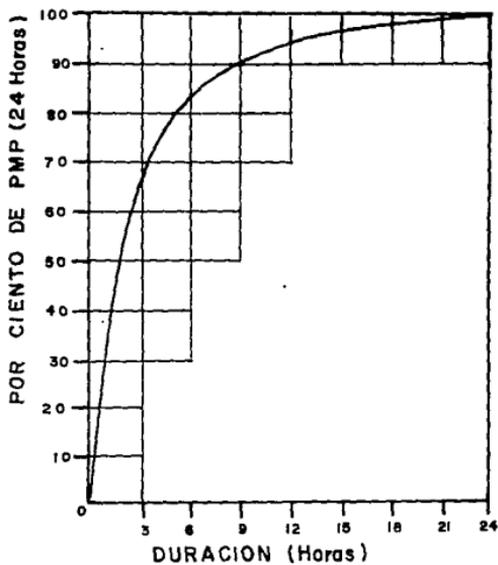
170 TL=(L+1000*.3*(S+1)*.7*(735+(P+100)*.5)
180 TC1=1.6666668*TL
190 TCD=.01*(L+1000*SDR(P+100))*1.64
200 T12=.0662*TL*.73*P*.385
210 CLE
220 PRINT
230 Y#=-STRING# 75.205)
240 PRINT Y#
250 PRINT
260 PRINT "VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DEL METODO DE FAA"
270 PRINT
280 PRINT TAB(5,"AGENCIA FEDERAL DE AVIACION")
290 PRINT
300 PRINT Y#
310 PRINT "      TIPO DE TERRENO O SUPERFICIE                                COEFICIENTE DE"
320 PRINT "                                                                                   ESCURRIMIENTO"
330 PRINT Y#
340 PRINT " TEJIDO IMPERMEABLE                                           0.73 - 0.95"
350 PRINT " PAVIMENTOS FLEXIBLES                                           0.60 - 0.95"
360 PRINT " PAVIMENTOS RIGIDOS                                             0.70 - 0.90"
370 PRINT " ENHEBRADO O ENLADRILLADO CON JUNTAS BIEN HECHAS              0.75 - 0.70"
380 PRINT " SUELOS IMPERMEABLES (S DE 1 A 2 %)                             0.40 - 0.65"
390 PRINT " SUELOS IMPERMEABLES CON CESPED (S DE 1 A 2 %)                 0.70 - 0.55"
400 PRINT " SUELOS LIGERAMENTE PERMEABLES (S DE 1 A 2%)                  0.15 - 0.40"
410 PRINT " SUELOS LIGERAMENTE PERMEABLES CON CESPED (S DE 1 A 2%)       0.10 - 0.30"
420 PRINT " SUELOS MODERADAMENTE PERMEABLES (S DE 1 A 2%)                0.05 - 0.20"
430 PRINT " SUELOS MODERADAMENTE PERMEABLES CON CESPED(S DE 1 A 2%)     0.00 - 0.10"
440 PRINT Y#
450 INPUT " COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C = " ; C
460 PRINT
470 PRINT Y#
480 INPUT " ESTÁ BIEN TU DATO S/N " ; C#
490 IF C#="N" THEN GOTO 450
500 FAA=(1.3*(1.1-C)*SDR(L+1000*.3046)/(P+100)*.333)/60
510 COLOR 2,0
520 CLE

```

```

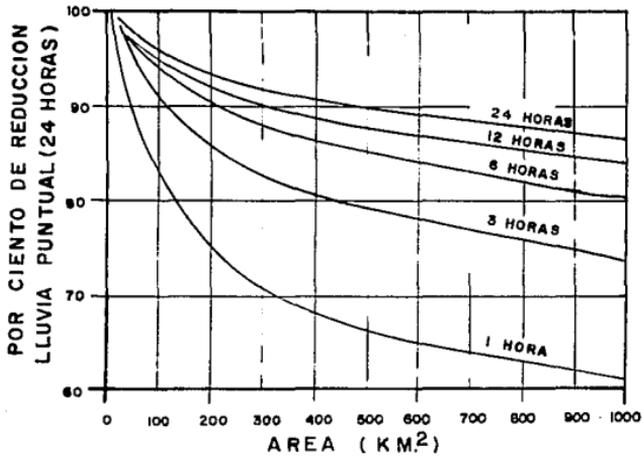
710 *#=STRING*(45,205)
720 PRINT
730 LPRINT
740 PRINT
750 LPRINT TAB(9)*#
760 PRINT
770 PRINT TAB 10;"RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION"
800 LPRINT TAB(10)"RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION"
810 PRINT
820 LPRINT
830 PRINT TAB(15)*#
840 LPRINT TAB(15)*#
850 PRINT
860 LPRINT
870 PRINT TAB 9)*#
880 LPRINT TAB(9)*#
890 LPRINT
900 PRINT TAB 10;"METODO DE KIRPICH 1";TAB(45)USING "###.## HR.":TK1
910 LPRINT TAB(10)"METODO DE KIRPICH 1";TAB(45)USING "###.## HR.":TK2
920 LPRINT
930 PRINT TAB 10;"EN BASE AL TIEMPO DE RETRASO";TAB(45)USING "###.## HR.":TC1
940 LPRINT TAB(10)"EN BASE AL TIEMPO DE RETRASO";TAB(45)USING "###.## HR.":TC2
950 LPRINT
960 PRINT TAB 10;"METODO EMPIRICO 1";TAB(45)USING "###.## HR.":TC2
970 LPRINT TAB(10)"METODO EMPIRICO 1";TAB(45)USING "###.## HR.":TC2
980 LPRINT
990 PRINT TAB 10;"METODO DE KIRPICH 2";TAB(45)USING "###.## HR.":TK2
1000 LPRINT TAB(10)"METODO DE KIRPICH 2";TAB(45)USING "###.## HR.":TK2
1010 LPRINT
1020 PRINT TAB(10)"METODO FAA";TAB(45)USING "###.## HR.":TFA
1030 LPRINT TAB(10)"METODO FAA";TAB(45)USING "###.## HR.":TFA
1040 LPRINT
1050 PRINT TAB(9)*#
1060 LPRINT TAB(9)*#
1070 END

```



CURVA DE ALTURA DE PRECIPITACION-DURACION
TIPO PARA UNA TORMENTA CONVECTIVA

GRAFICA 7.



CURVAS DE REDUCCION POR AREA Y REDUCCION DE LA TORMENTA.

GRAFICA 8

RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION**RIO COCULA EDD.JAL**

METODO DE KIRPICH 1	9.78	HR.
EN BASE AL TIEMPO DE RETRASO	18.69	HR.
METODO EMPIRICO 1	12.07	HR.
METODO DE KIRPICH 2	9.75	HR.
METODO FAA	9.81	HR.

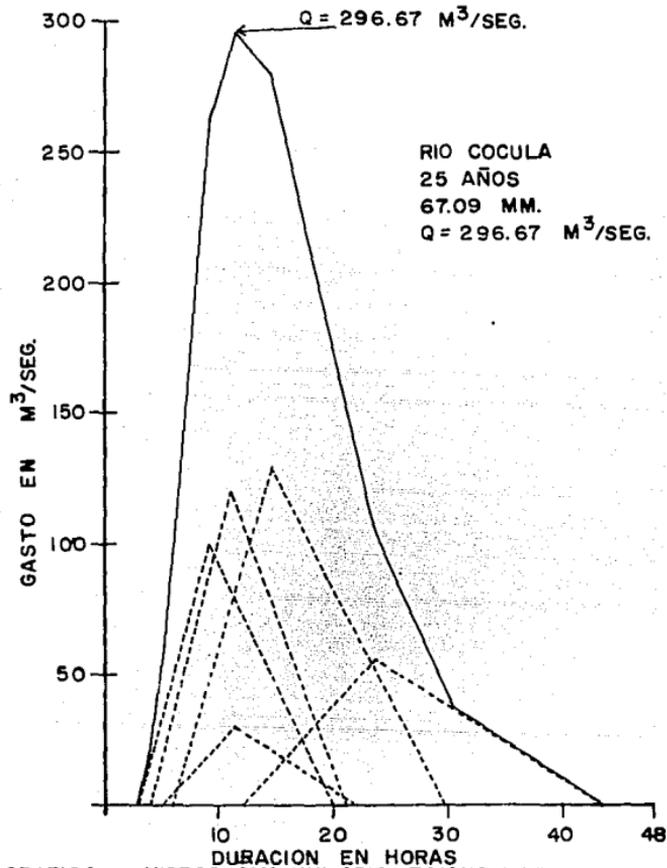
CUADRO 6

RESUMEN DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR
 ESTACION EL SALITRE " RIO COCULA "

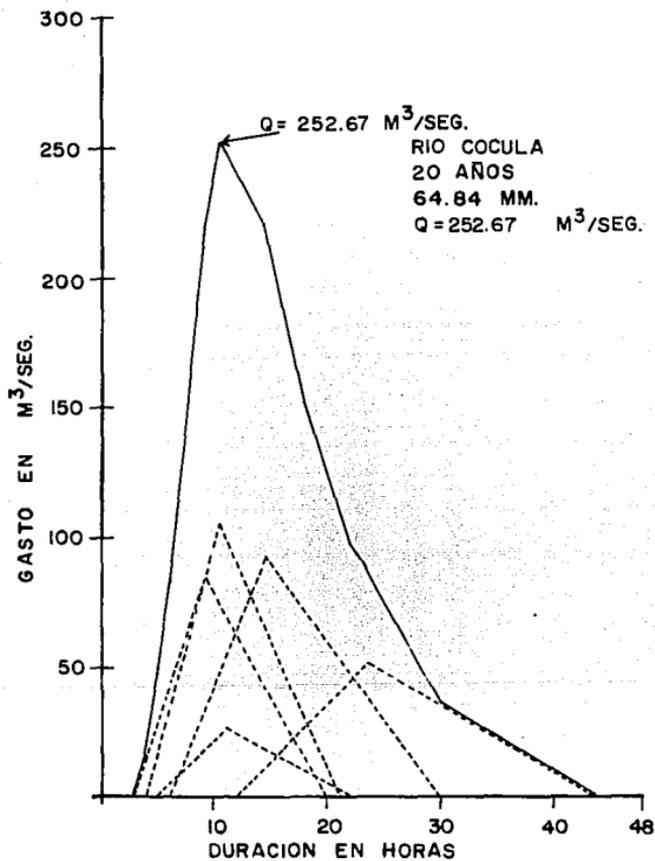
TIEMPO HORAS	PRECIPITACION SELECCIONADA EN MM. EN LOS AÑOS			Q _p EN M ³ /SEG. PARA LOS AÑOS			HIDROGRAMA DE INCREMENTOS		
							H O R A		
	15	20	25	15	20	25	INICIO	MAXIMO	FINAL
0-1	18.87	19.78	20.46	-	-	-	0	6.37	17.00
1-2	29.70	31.12	32.20	-	-	-	1	7.37	18.00
2-3	34.96	36.63	37.91	-	-	-	2	8.37	19.00
3-4	38.98	40.85	42.27	72.72	84.49	99.99	3	9.37	20.00
4-5	42.05	44.09	45.62	98.39	107.48	117.10	4	10.37	21.00
5-6	45.17	47.33	48.98	24.82	27.67	29.70	5	11.37	22.00
6-12	55.06	57.71	59.71	84.86	91.77	130.94	6	14.37	29.68
12-24	61.87	64.84	67.09	48.49	52.22	56.81	12	23.87	43.69

CUADRO 8

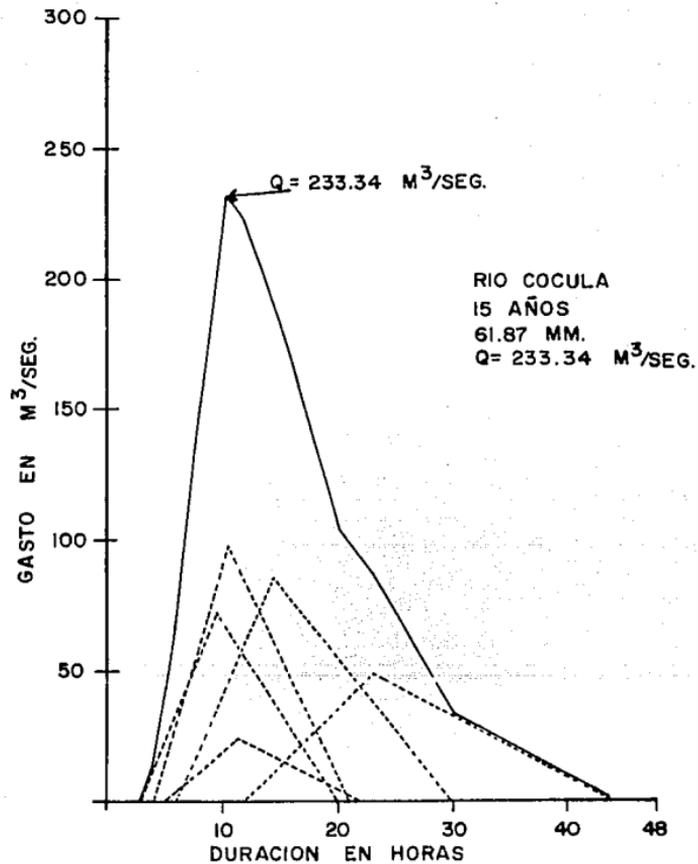
HIDROGRAMA DE INCREMENTOS

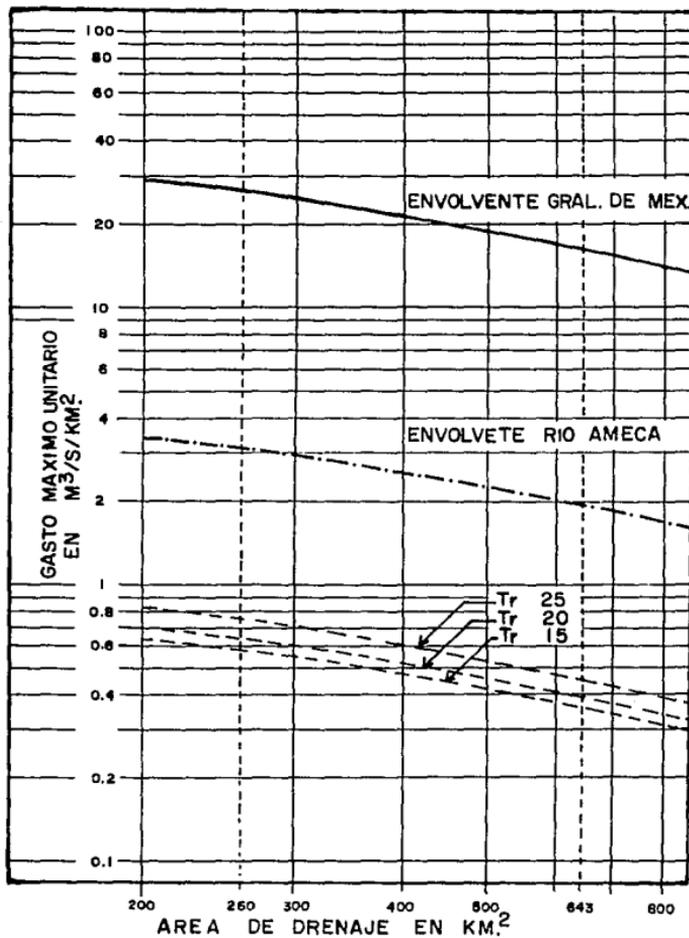


HIDROGRAMA DE INCREMENTOS

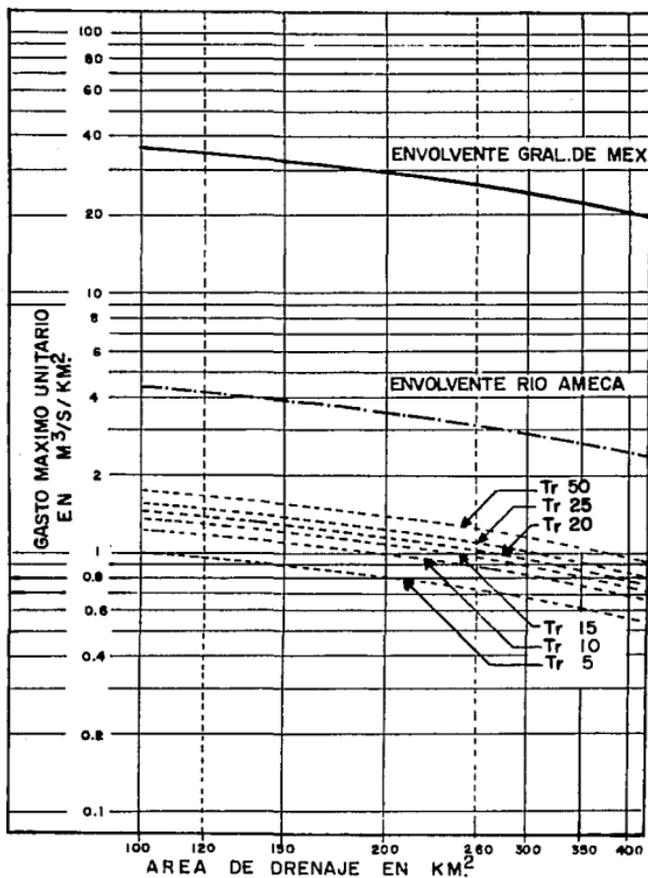


HIDROGRAMA DE INCREMENTOS





ENVOLVENTE DE GASTOS MAXIMOS
 ESTACION EL SALITRE RIO COCULA PARA EL RIO SALADO
 GRAFICA 10_a



ENVOLVENTE DE GASTOS MAXIMOS
 ESTACION SAN MARTIN HIDALGO RIO SAN MARTIN
 PARA EL RIO SALADO GRAFICA 10 b

CONCLUSIONES.

El cálculo de la estimación del gasto de diseño para este -- proyecto, se describe las consideraciones necesarias para tener una idea, en una de las ramas de la hidrología, presentando aspectos hidrológicos como son, el ciclo hidrológico, precipitaciones, escurrimientos, fuentes de información en - diferentes dependencias, con información actualizada y disponible; la importancia de las avenidas nos da una idea de la magnitud de las corrientes o crecientes y así tener conocimiento anticipado de las avenidas, y así aplicar medidas de seguridad que se requieran.

Los diferentes métodos de estimación descritos en este trabajo, nos dan una idea para seleccionar el método más adecuado, conforme a las características que se presenten en cada avenida, con sus respectivos periodos de retorno, citando -- las principales ventajas e inconvenientes de su utilización, así como la garantía en los resultados calculados. Siendo los métodos Estadísticos o Probabilísticos los objetivos - - principales por su aplicación en cuencas medianas y tener información hidrométrica existente. Alguno de los métodos -- más usuales descritos en esta tesis, son porque sus logaritmos matemáticos, tablas y gráficas son manejables para la Ingeniería, y los resultados similares entre sí, dando una - - idea para aplicar un criterio de ajuste de curva y así poder tener un método más factible. El Hidrograma Unitario Triangular, básicamente es la obtención del hidrograma artificial

de una avenida, en función de la precipitación y características fisiográficas de la cuenca de igual forma con el método Racional.

Para el cálculo del Diseño se tomaron los datos más reales, conforme a la información de varias dependencias, como son su localización, análisis hidrológico, topografía de la cuenca, dando un análisis de la avenida, conforme a lo recabado, se utilizó una metodología adecuada para el cálculo de la estimación del gasto, descrita brevemente. Los cálculos para mayor rapidez y veracidad, se elaboraron programas en lenguaje BASIC, para el Hidrograma Unitario Triangular se calculó, para el tiempo de concentración se utilizó algunas fórmulas de los métodos más usuales y confiables, también el tiempo de duración, tiempo pico, tiempo base y gasto máximo unitario obteniendo los resultados, por transposición de cuencas utilizamos las curvas envolvente de gastos en la República Mexicana, dando así los resultados de gastos máximos de diseño para periodos de retorno diferentes, y con el método Racional tenemos una idea de la veracidad en los resultados.

La aplicación de los métodos a los ríos de apoyo, es uno de los tantos criterios a seguir, para el diseño de gasto máximo del Río Salado. Se tiene que tener cuidado con los resultados interpolados, porque en el Río Cocula los gastos son más bajos, ya que dicha Laguna hace que el agua se regule, y como la estación hidrométrica se encuentra aguas abajo de la Laguna, los gastos registrados son ya regulados, en los métodos utilizados es por eso que son más bajos.

Se considera que los datos más confiables son los interpolados del Río San Martín al Río Salado, por los métodos estadísticos y probabilísticos, por ser estos más confiables y adecuados para cuencas medianas, y tener registros anuales suficientes para el cálculo de este. Los resultados obtenidos por este procedimiento y en base a la información que se uso en cada uno de ellos, nos dan una base para conocer la magnitud de la avenida para diferentes períodos de retorno, teniendo así mayores elementos de juicio para el manejo de las avenidas y evitar las inundaciones que se presentan en la zona de estudio, con estos resultados se proyectaran o seleccionarán deferentes obras, con bordos de protección, bordos marginales, rectificaciones y encauzamientos de cauces, según el criterio del proyectista en el lugar necesario.

Por último no debe olvidarse que los métodos aquí presentados son solamente algunos de los más usuales, pero no los únicos, por lo que el Ingeniero responsable de un estudio hidrológico están en libertad de usar otros métodos sin considerar que su aplicación es más adecuada.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "VII Congreso Nacional de Hidráulica".
TEMA 1 "PLANEACION".

- 2.- "Hidrología para Ingenieros".
Ray K. Linsley Jr. Max. A. Kohler.
Joseph L. H. Paus Nus.
Ed. Mc. Graw Hill 1967

- 3.- "Normas Provisionales para el Cálculo de Crecidas de Proyecto"
Heras P.R.
Centro de Estudios Hidrográficos (servicio de edición)
Madrid España 1977

- 4.- "Esgurrimiento en Cuencas Grandes".
Rolando Springall.
Serie del Instituto de Ingeniería N° 146
Septiembre 1967

- 5.- "Proyecto de Zonas de Riego".
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
1974

- 6.- "Manual de Diseño de Obras Civiles Hidrotecnia".
(A.1.1.0. Avenidas de diseño).
Comisión Federal de Electricidad.
- 7.- "Handbook Of Aplied Hydrology".
Ven te Chow.
John Wiley E Sons Inc. 1963
- 8.- "Seminario de Drenaje".
Parte I Hidrología: Tema 4
Métodos Hidrológicos para Previsión de Escurrimientos
SARH.
- 9.- "Manual para la Estimación de Avenidas Máximas en - -
Cuencas y Presas Pequeñas".
Dirección General de Obras Hidráulicas y de Ingenierfa
Agricola para el Desarrollo Rural. SARH 1981.