

T-149



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

facultad de ingeniería

**ESTUDIO HIDROLOGICO APLICADO A PROBLEMAS DE
INUNDACIONES EN LA CUENCA GUANAJUATO-SILAO**

T E S I S
que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A
OSCAR ARMANDO VAZQUEZ DE LA ROCHA

México, D.F.

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

| | Páginas |
|--|---------|
| 1 INTRODUCCION | 1 |
| 2 INFORMACION GENERAL | 3 |
| 2.1 Generalidades | 3 |
| 2.2 Estudio Socioeconómico | 4 |
| 3 ESTUDIO HIDROLOGICO | 7 |
| 3.1 Características fisiográficas de la Cuenca Guanajuato-Silao | 7 |
| 3.1.1 Area | 7 |
| 3.1.2 Colector Principal | 8 |
| 3.1.3 Pendiente | 8 |
| 3.1.4 Tipos y Usos del Suelo | 10 |
| 3.1.5 Clima | 11 |
| 3.2 Hidrología | 11 |
| 3.2.1 Precipitación | 12 |
| 3.2.2 Estudios de Frecuencia | 14 |
| 3.2.3 Curva Elevaciones - Gasto (Estación Américas) | 28 |
| 3.2.4 Correlación Lineal | 30 |
| 3.2.5 Tránsito de la Avenida | 39 |
| 3.2.6 Parámetros de Inundación | 44 |
| 3.2.6.1 Cuenca del río Guapajuato | 45 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.2.6.2 Cuenca del río Silao | 56 |
| 3.2.6.3 Cuenca del río de la Llave | 63 |
| 4 PROBLEMATICA DE INUNDACIONES | 65 |
| 4.1 Análisis de Inundaciones en el Estado | 66 |
| 4.2 Organismos y Mécanica de ayuda a la población | 70 |
| 4.3 Evolución del Problema | 76 |
| 4.3.1 Etapa Espectativa | 77 |
| 4.3.2 Etapa Conflictiva | 80 |
| 4.3.3 Etapa Reorganizativa | 81 |
| 5 ESTRUCTURAS Y OBRAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES | 83 |
| 5.1 Obras Hidráulicas Existentes | 84 |
| 6 CONCLUSIONES | 90 |
| BIBLIOGRAFIA | |

1. INTRODUCCION

La República Mexicana se ha visto afectada por la frecuencia de fenómenos naturales de diferentes intensidades y efectos. A pesar del desarrollo científico de los temas que involucran el estudio de estos fenómenos, aún no es posible disminuir en forma considerable sus consecuencias negativas.

La situación geográfica que guarda, así como sus grandes extensiones, hacen que continuamente incidan sobre ella fenómenos meteorológicos, los cuales se proyectan desde diferentes regiones ciclogénéticas, como son: Mar Caribe, Islas Cabo Verde, -- Golfo de México y Océano Pacífico.

Debido a la presencia de estos fenómenos meteorológicos, se presentan lluvias intensas que producen desbordamientos en los cauces año con año, los cuales originan problemas de inundación en zonas rurales, agrícolas, industriales y poblaciones.

Por lo antes expuesto, es importante el enfrentarse a los problemas de inundaciones y dado que nuestro país cuenta con grandes ríos lo que se pretende es poder realmente controlarlos; ya sea por medio de encauzar escurrimientos, desazolver cauces, construir estructuras, etc.

La secuencia de este trabajo, después de una introducción, --

muestra la información general, el estudio hidrológico, la problemática de inundaciones y el conocimiento de las obras y estructuras que en gran medida ayudaran a solucionar o a aminorar daños humanos y materiales en la cuenca Guanajuato-Silao. Finalmente se dan conclusiones que son consecuencia del análisis al presente estudio.

2. INFORMACION GENERAL

2.1 Generalidades

El estado de Guanajuato está situado en el centro de la República Mexicana, entre los paralelos 19°58' y 21°51' de latitud norte, y entre los meridianos 99°41' y 102°04' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, colindando al norte con San Luis Potosí; al sur con Michoacan; al este con Querétaro y al oeste con Jalisco. Su superficie es de 30,589 km² y cubre el 1.55% del total de la República.

La geología del Estado reviste características muy variadas que en términos generales se pueden tipificar dentro de cuatro regiones esencialmente diferentes: en primer lugar tenemos la región norte y noroccidental, que incluye dentro de sus elementos rocas ígneas de composición riolítica, como tobas y materiales piroclásticos, además rocas ígneas más básicas como andesitas, basaltos, sedimentos lacustres y depósitos aluviales. La zona presenta escasas posibilidades geohidrológicas ya que los afloramientos son poco permeables.

En la zona este, la geología y fisiografía varían hacia el este, donde dominan las rocas sedimentarias, principalmente en

la sierra de Guanajuato con un relieve muy abrupto.

En algunos municipios del norte de ésta zona mejoran las condi ciones geo-hidrológicas por los materiales de acarreo.

La zona centro del Estado contiene depósitos lacustres y alu - víón, con buenas condiciones geo-hidrológicas.

La zona sur, está constituida por coladas de basalto intercala da das con depósitos lacustres de composición arcillo-arenosa.

Respecto a los principales sistemas Orográficos del Estado, se localizan en su posición norte, destacando la sierra Gorda de Guanajuato, la sierra de Comanja ó de Ibarra y la Codorniz. -- Estas sierras atraviesan a la entidad de poniente a oriente, - dividiendola en dos zonas, la de los Valles del Bajío y la -- Montaña del Norte.

2.2 Estudio Socioeconómico

Existe una gran cantidad de actividades; entre las que destaca por su importancia la ganadería, encontrándose en casi todo el estado condiciones favorables para su desarrollo, contando con centros importantes de ganado bovino, porcino, caprino, ovino y equino; en minería cuenta con ocho regiones mineras; en agri cultura en el ciclo 1970 se sembraron 1'043,060 hectáreas, con

valor total de la producción de \$2'469,215.00, que representó el 7.09% del nacional; en industria cuenta con un eje industrial que comprende las ciudades de Celaya, Salamanca, Cortazar, Villagrán, Irapuato y León, predominando plantas procesadoras de productos agropecuarios, refinería de Pemex, empaquetadoras de fresas, plantas de alimentos, cigarros y ropa, además la curtiduría y el calzado.

En 1970 el capital aplicado a la industria superaba los \$3,000 millones. En el mismo año se tuvieron ingresos al Estado por diferentes conceptos de \$213 millones y egresos de \$212 millones. Cuenta el Estado (1970) con una capacidad instalada de generación de 56,375 kw, sirviendo a 446 poblaciones.

Según el censo de 1970, la población se estimó en 2'270,370 habitantes, estando distribuidos en 4,828 localidades de 46 municipios, siendo la población económicamente activa del 24.8% y con un alfabetismo de 64.7%.

Los habitantes del Estado representan el 4.7% de los de la nación; y se espera para el año 2 000 una población de cinco millones, según el plan de desarrollo urbano de el Estado.

En la entidad federativa existen las cuencas del río Lerma, -

Pánuco, Santiago y Lago de Cuitzéo; así como la sub-cuenca de los ríos Guanajuato-Silao. Esta última, motivo de este trabajo, se encuentra ubicada en los municipios de Guanajuato, León, Irapuato, Romita, Cd. Manuel Doblado, San Francisco del Rincón y el único municipio que se encuentra totalmente dentro de la cuenca es el de Silao. (figura 1)

La población total dentro de la cuenca, es de 442,686 habitantes; siendo las ciudades mas importantes dentro de ésta: Silao, Irapuato, Guanajuato y Romita.

Cuenta el Estado (1971) con 2,589 km, de carreteras, el 3.8% del total nacional, y dentro de la cuenca 555,350 km.. Por lo que respecta a ferrocarriles hay 918 km., y en la cuenca 97 km; por aire la Cd. de León tiene vuelos a diferentes partes del país.

La cuenca Guanajuato-Silao comprende 3,220 km² y dentro de ella aproximadamente el 53% es área agrícola con 1,712 km²; también se encuentran nueve estaciones radiodifusoras, así como 17 centros de salud distribuidos en sus diferentes municipios.

3. ESTUDIO HIDROLOGICO

El objetivo es el poder determinar las características de ma -
yor importancia en la cuenca Guanajuato-Silao, las cuales de -
penden directamente de factores tan variados como: temperatura,
tipo de suelo, vegetación, topografía, área, pendiente, etc.

Para poder cuantificar cantidad de lluvia, frecuencia de ésta,
períodos de retorno, gasto máximo en lugares de aforo, etc, es
necesario elaborar el estudio hidrológico, los procedimientos
o métodos a seguir son muy variados; en las páginas siguientes
se presentan los criterios escogidos para la ejecución de este
trabajo.

3.1 Características fisiográficas de la cuenca Guanajuato- Silao

Entre las características fisiográficas se encuentran: área, -
colector principal y pendiente; se presentan cada una de estas
en los siguientes incisos.

3.1.1 Area

El área de la cuenca del río Guanajuato-Silao está situada en
la región del Bajío ocupando una superficie de 3,220 km². Deli

mitada al noreste por la cuenca del río de La Laja, al oeste por la cuenca del río Turbio, al sureste por la cuenca del río Temascalco y al sur por la cuenca del río Lerma.

3.1.2 Colector Principal

El río Guanajuato tiene una longitud del orden de 89km.. Su origen se localiza en el cerro Prieto a 10 km. al norte de la ciudad de Guanajuato, que con dirección sur pasa al este de la ciudad de Irapuato. Su afluente principal es el río Silao, que confluye con éste aproximadamente a 1 km. aguas abajo de la Cd. de Irapuato y avanza en la misma dirección sur, para finalmente unirse al río Lerma a la altura de la ciudad de Pueblo Nuevo, Gto.

3.1.3 Pendiente

La pendiente es una de las características fisiográficas más importantes, puesto que ésta influye directamente sobre la velocidad del flujo, y como consecuencia forma un papel predominante en la forma del hidrograma.

Existen varios métodos para valuar este parámetro; el primero es muy sencillo, considera el desnivel entre dos puntos, los cuales serán los extremos del tramo en estudio, dividido por -

la longitud horizontal de el mismo tramo. Otra forma de va -
luar la pendiente, y que trata de ajustarse a la pendiente real,
es usando la ecuación que proponen Taylor y Schwarz. Una
manera más real es compensándola por el método llamado de tri-
angulación.

Para nuestro estudio se consideró la pendiente media del cauce
del río Guanajuato por el método de triangulación; tomando en
cuenta que la falda del Cerro Prieto, que es el origen del río,
tiene una elevación de 2,650 m.s.n.m. y que la altitud del río
Lerma es aproximadamente de 1,680 m.s.n.m., resulta un desn \underline{i} -
vel entre ambos puntos de 970 m.; dando una pendiente general
de $s = 0.0109$ y obteniendose por triangulación una pendiente -
media de $S_m = 0.0044$.

Observando la (figura 2) se ve un cambio brusco de pendiente -
en la cota 1,850 m.s.n.m., teniendo el río hasta este punto un
recorrido de 24.7 km. en el lugar llamado El Maluco. Por tan-
to, si se calcula la pendiente en dos tramos separados, resulta
que en el primer tramo, que es el origen del río hasta el pun-
to ya mencionado, la pendiente media es igual a 0.036, y en el
segundo tramo, que es del punto referido hasta su confluencia
con el río Lerma, la pendiente media es de 0.006.

PERFIL Y PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE DEL RIO GUANAJUATO

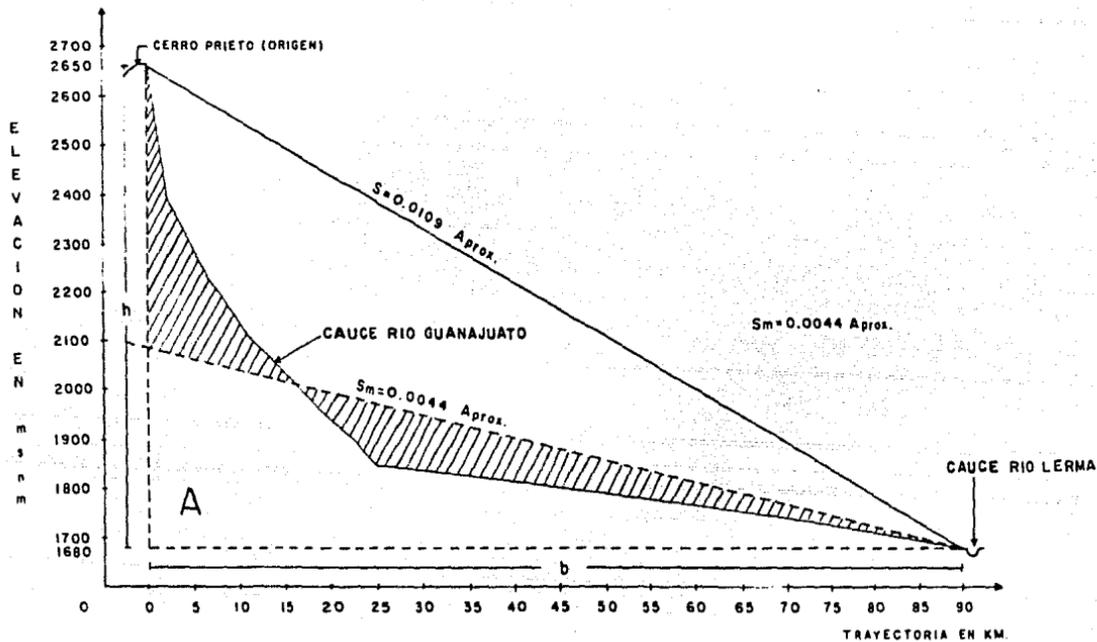


FIG. 2

3.1.4 Tipos y Usos del Suelo

Zona norte y noroeste.- Topografía accidentada por una parte - de las sierras de Comanja y Guanajuato, con porciones altas cubiertas por asociaciones de encinos chaparral; la porción res-tante con pastizales chaparral y matorral (algunas áreas abier-tas al cultivo temporal). En la mayor parte, el suelo es tipo Phaeozem, habiendo extensiones pequeñas de Luvisol y otros; su textura media y pendiente fuerte. El área de esta zona (1,220 km²) cubre un 38% de la cuenca, donde aproximadamente 12,914 hectáreas, requieren control inmediato por efectos de la ero-sión y 3,800 hectáreas para un control futuro; esto es debido a áreas agrícolas dispersas en la parte alta lo que ocasiona a su vez azolves a las partes bajas.

Zona centro y sur.- Son terrenos bajos de suelos Phaeozem - - Haplico de textura media, cubriendo el norte de Romita, aunado con el Castañozem. El resto lo cubre el Vertizol. Su vegeta-ción es agricultura de temporal y riego; con manchones disemi-nados de pastizal y matorral espinoso, y asociaciones de mate-rial subinermes y nopaleras en los cerros Veinte y Arandas.

En esta zona cabe añadir que el río Silao no encuentra un cau-ce definido desde Romita hasta la presa el Conejo, con lo cual

presenta inundaciones frecuentes por el azolve del cauce y con ello su desviación.

El área en la zona: 1,998 km² (62% de la cuenca); tiene 13,730 hectáreas erosionadas para control inmediato y 2,200 hectáreas para control futuro.

3.1.5 Clima

El clima prevaeciente en la cuenca se ha dividido en dos partes: la primera en la zona norte-noreste y la segunda en la centro-sur.

Zona Norte - Noreste.- Templado, sub-húmedo, con lluvias en verano e invierno, con acumulaciones mensuales menores de 40 mm. La precipitación media anual en la zona es de 700 a 800 mm.

La temperatura media anual va de los 18°C en las partes bajas, hasta los 16°C en las partes altas.

Zona Centro - Sur.- Semi cálido, seco y estepario, repartidos, el primero al sur, con lluvias en verano.

3.2 Hidrología

Hidrología es la ciencia que trata de las aguas de la tierra, -

su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades - - químicas y físicas, y su reacción con su ambiente, incluyendo la relación con los seres vivientes.

La mayoría de los conceptos actuales de la hidrología datan de 1930; época en la cual la gran expansión de la actividad en -- control de inundaciones, irrigación, conservación de suelos -- etc. originó un primer impulso real hacia la investigación - - organizada de esta disciplina.

Los principales objetivos de la hidrología, al diseñar una - - obra de ingeniería, pueden resumirse en dos grandes grupos: Obtención de la avenida máxima, y conocimiento de la cantidad, frecuencia y ocurrencia del agua sobre la superficie terrestre.

3.2.1. Precipitación:

Precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera; y a la - vez es una etapa constitutiva de el ciclo hidrológico.

Para medir la precipitación en la actualidad se cuenta con - - variados aparatos e instrumentos como son: pluviómetros, pluviógrafos, radar y satélites.

En la cuenca Guanajuato-Silao se tienen datos desde 1958, contándose con 12 estaciones climatológicas situadas estratégicamente (plano 1), estas cuentan con pluviómetro o pluviógrafo, termómetro, evaporímetro, anemómetro y veleta. Siendo el promedio de precipitación media anual de 706 mm, presentándose en julio el mes más lluvioso, con una acumulación de 166.45 mm y el menos lluvioso el mes de febrero con una acumulación de -- 6.31 mm.

Existen varios métodos para medir la precipitación entre los - que se encuentran el del promedio aritmético, método de - - Thiessen y el método de Isoyetas.

Para la cuenca en estudio se utilizó el método de Thiessen o - también llamado Polígonos de Thiessen, pues se cuenta con el - área de influencia de cada estación; no se escogió el método - aritmético pues es menos preciso, dado que se carece de un nú mero considerable de estaciones, y por su parte, el método de Isoyetas a pesar de su mayor exactitud se deshechó, pues se re quiere de experiencia y criterio amplio para trazar el plano - de Isoyetas.

Para determinar la precipitación por el método de Thiessen se usó la fórmula siguiente:

$$h_{pm} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{pi} A_i}{A} = \sum_{i=1}^n h_{pi} \frac{A_i}{A} \quad (3.1)$$

donde: A = área de la zona en km²

A_i = área tributaria de la estación i, en km²

h_{pi} = altura de precipitación registrada en la estación i, en mm

h_{pm} = altura de precipitación media en la zona en estudio, en mm.

n = número de estaciones localizadas dentro de la zona

En las tablas 1, 2 y 3 se muestra el cálculo para la obtención de la precipitación, y se presenta, a la vez, el área de cada zona de influencia de las estaciones medidoras

Estas áreas se pueden apreciar en el plano 1.

3.2.2 Estudios de Frecuencia

Un aspecto de gran importancia que es necesario conocer en los cauces, es el poder determinar el hidrograma de la avenida máxima, y su gasto máximo que con una determinada frecuencia puede presentarse en un punto específico.

La magnitud de la avenida, es función directa del período de

PRECIPITACION MEDIA ANUAL O PROMEDIO DE LA CUENCA "GUANAJUATO, SILAO"
 "METODO DE THIESSEN"
 (Areas de Influencia)

| <u>No. de Area</u> | <u>Estación</u> | <u>Area (Km2)</u> | <u>Precio Anual Promedio (mm)</u> | <u>Productos (Km2 - mm)</u> |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| I | Nuevo Valle de México | 308 | 720.62 | 221 950.96 |
| II | Santa Rosa | 103 | 879.00 | 90 537.00 |
| III | Calderones | 194 | 735.42 | 142 671.48 |
| IV | Guanajuato | 287 | 705.98 | 202 616.26 |
| V | Silao | 540 | 612.59 | 330 798.60 |
| VI | La Sandia | 384 | 695.45 | 267 052.80 |
| VII | Huizache | 209 | 748.23 | 156 380.07 |
| VIII | Romita | 380 | 694.40 | 263 872.00 |
| IX | Aldama | 398 | 693.59 | 276 048.82 |
| X | Los Razos | 11 | 796.10 | 8 757.10 |
| XI | Irapuato | 320 | 771.39 | 246 844.80 |
| XII | Pueblo Nuevo | 86 | 764.62 | 65 757.32 |
| T o t a l: | | <u>3 220</u> | <u>8 817.39</u> | <u>2,273,287.21</u> |

$$\text{Precipitación Media o Promedio} = \frac{2,273,287.21}{3,220} = 705.99 \text{ mm}$$

Tabla 1

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL O PROMEDIO DE LA CUENCA "GUANAJUATO SILAO"
E N E R O */

| <u>No. de Area</u> | <u>Estación</u> | <u>Area (Km2)</u> | <u>Precio Mensual Promedio (mm)</u> | <u>Productos (Km2 - mm)</u> |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| I | Nuevo Valle de México | 308 | 15.81 | 4,869.48 |
| II | Santa Rosa | 103 | 21.00 | 2,163.00 |
| III | Calderones | 194 | 12.39 | 2,403.66 |
| IV | Guanajuato | 287 | 9.00 | 2,583.00 |
| V | Silao | 540 | 8.54 | 4,611.60 |
| VI | La Sandia | 384 | 11.17 | 4,289.28 |
| VII | Huizache | 209 | 8.86 | 1,851.74 |
| VIII | Romita | 380 | 10.69 | 4,062.20 |
| IX | Aldama | 398 | 13.81 | 5,496.38 |
| X | Los Razos | 11 | 15.72 | 172.92 |
| XI | Irapuato | 320 | 11.57 | 3,702.40 |
| XII | Pueblo Nuevo | 86 | 13.78 | 1,185.08 |
| T o t a l. | | <u>3,220</u> | <u>152.34</u> | <u>37,390.74</u> |

$$\text{Precipitación Media O Promedio} = \frac{37,390.74}{3,220} = 11.61 \text{ mm}$$

*/ A manera de ilustración, solo se podrá este mes; pues para el resto de las precipitaciones medias mensuales se siguió el mismo criterio. El resumen mensual aparece en la Tabla 3.

Tabla 2

RESUMEN DE LA PRECIPITACION MEDIA MENSUAL DE LA
CUENCA "GUANAJUATO - SILAO"

| <u>Mes</u> | <u>Precipitación Media Mensual o Promedio- (mm)</u> |
|------------|---|
| Enero | 11.61 |
| Febrero | 6.31 |
| Marzo | 9.44 |
| Abril | 13.43 |
| Mayo | 32.20 |
| Junio | 126.88 |
| Julio | 166.45 |
| Agosto | 136.02 |
| Septiembre | 137.92 |
| Octubre | 48.26 |
| Noviembre | 8.39 |
| Diciembre | 9.08 |

Tabla 3

retorno que se le asigne, el que a su vez dependerá de la importancia de los daños y de la vida útil de las obras.

El período de retorno de una avenida es el intervalo de recurrencia promedio de que esa avenida sea igualada o superada en un determinado lapso de tiempo.

Hay que tener presente, que conforme se incrementa el tamaño de la avenida de diseño, el costo de el área por proteger crece y al mismo tiempo, la probabilidad de riesgo disminuye.

Para determinar el período de retorno que se le debe asignar a una tormenta se puede aplicar la fórmula:

$$Tr = \frac{N+1}{m} \quad (3.2)$$

siendo la probabilidad

$$P = \frac{1}{Tr} \quad (3.3)$$

donde: N= número de observaciones

P= probabilidad de que ocurra esa avenida o una mayor durante la vida útil de la obra

m= número progresivo en la observación

Tr= período de retorno de la avenida, en años

Existen varios métodos para conocer el gasto máximo para un período de retorno considerado, dividiéndose en dos grandes ra-

mas: métodos empíricos y métodos estadísticos. Dentro de los primeros, los mas conocidos son los devidos a Creager, Burkli-Ziegler, Murphy, Pagliare, etc. y por lo que respecta a los estadísticos se tienen los métodos de Gumbel, Nash y Lebediev.

Para este estudio se utiliza el criterio de Gumbel, dado que los resultados obtenidos fueron los que mejor ajustaron. Por este método para calcular el gasto máximo para un periodo de - retorno determinando se usa la ecuación:

$$Q_{\text{máx}} = Q_m - \frac{\sqrt{Q}}{\bar{Y}} (\bar{Y}_0 - \log_e T_r) \quad (3.4)$$

siendo la desviación estándar de los gastos:

$$\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}}$$

donde: N = número de años de registro

Q_i = gastos máximos anuales registrados, en m^3/seg .

$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{N} =$ gasto medio en m^3/seg .

$Q_{\text{máx}}$ = gasto máximo para un periodo de retorno determinado en m^3/seg .

T_r = periodo de retorno según (3.2)

m = número progresivo en la observación

\sqrt{Q}, \bar{Y} = constantes función de N. (tabla 4)

Para calcular el intervalo de confianza, o sea, aquel dentro

del cual puede variar $Q_{\text{máx}}$ dependiendo del registro disponible se hace lo siguiente:

Si $\phi = 1 - \frac{1}{T_r}$ varía entre 0.20 y 0.80, el intervalo de confianza se calcula con: (3.6)

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N} \alpha \tau_m \frac{\sqrt{V_q}}{\tau_w \sqrt{N}} \quad (3.7)$$

donde: N = número de años de registro

$\sqrt{N} \alpha \tau_m$ = constante función de ϕ (tabla 4)

τ_w = constante función de N (tabla 4)

$\sqrt{V_q}$ = desviación estandar de los gastos (ecuación 3.5)

Si ϕ es mayor de 0.90, el intervalo se calcula como:

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sqrt{V_q}}{\tau_w} \quad (3.8)$$

La zona de ϕ comprendida entre 0.8 y 0.9 se considera de transición, donde ΔQ es proporcional al calculado con las expresiones (3.7) y (3.8).

El gasto máximo de diseño para un cierto periodo de retorno - será igual al gasto máximo calculado con la ecuación (3.4), - más o menos el intervalo de confianza de las ecuaciones (3.7) y (3.8).

| N | γ_n | σ_n | N | γ_n | σ_n |
|----|------------|------------|------|------------|------------|
| 8 | .4843 | .9043 | 49 | .5481 | 1.1590 |
| 9 | .4902 | .9288 | 50 | .54854 | 1.16066 |
| 10 | .4952 | .9497 | 51 | .5489 | 1.1623 |
| 11 | .4996 | .9676 | 52 | .5493 | 1.1638 |
| 12 | .5035 | .9833 | 53 | .5497 | 1.1653 |
| 13 | .5070 | .9972 | 54 | .5501 | 1.1667 |
| 14 | .5100 | 1.0095 | 55 | .5504 | 1.1681 |
| 15 | .5128 | 1.02057 | 56 | .5508 | 1.1696 |
| 16 | .5157 | 1.0316 | 57 | .5511 | 1.1708 |
| 17 | .5181 | 1.0411 | 58 | .5515 | 1.1721 |
| 18 | .5202 | 1.0493 | 59 | .5518 | 1.1734 |
| 19 | .5220 | 1.0566 | 60 | .55208 | 1.17467 |
| 20 | .52355 | 1.06283 | 62 | .5527 | 1.1770 |
| 21 | .5252 | 1.0696 | 64 | .5533 | 1.1793 |
| 22 | .5268 | 1.0754 | 66 | .5538 | 1.1814 |
| 23 | .5283 | 1.0811 | 68 | .5543 | 1.1834 |
| 24 | .5296 | 1.0864 | 70 | .55477 | 1.18536 |
| 25 | .53086 | 1.09145 | 72 | .5552 | 1.1873 |
| 26 | .5320 | 1.0961 | 74 | .5557 | 1.1890 |
| 27 | .5332 | 1.1004 | 76 | .5561 | 1.1906 |
| 28 | .5343 | 1.1047 | 78 | .5565 | 1.1923 |
| 29 | .5353 | 1.1086 | 80 | .55688 | 1.19382 |
| 30 | .53622 | 1.11238 | 82 | .5572 | 1.1953 |
| 31 | .5371 | 1.1159 | 84 | .5576 | 1.1967 |
| 32 | .5380 | 1.1193 | 86 | .5580 | 1.1980 |
| 33 | .5388 | 1.1226 | 88 | .5383 | 1.1994 |
| 34 | .5396 | 1.1255 | 90 | .55860 | 1.20073 |
| 35 | .54034 | 1.12847 | 92 | .5589 | 1.2020 |
| 36 | .5410 | 1.1313 | 94 | .5592 | 1.2032 |
| 37 | .5418 | 1.1339 | 96 | .5595 | 1.2044 |
| 38 | .5424 | 1.1363 | 98 | .5598 | 1.2055 |
| 39 | .5430 | 1.1388 | 100 | .56002 | 1.20649 |
| 40 | .54362 | 1.14132 | 150 | .56461 | 1.22534 |
| 41 | .5442 | 1.1436 | 200 | .56715 | 1.23598 |
| 42 | .5448 | 1.1458 | 250 | .56878 | 1.24292 |
| 43 | .5453 | 1.1480 | 300 | .56993 | 1.24786 |
| 44 | .5458 | 1.1499 | 400 | .57144 | 1.25450 |
| 45 | .54630 | 1.15185 | 500 | .57240 | 1.25880 |
| 46 | .5468 | 1.1538 | 750 | .57377 | 1.26506 |
| 47 | .5473 | 1.1557 | 1000 | .57450 | 1.26851 |
| 48 | .5477 | 1.1574 | | .57722 | 1.28255 |

| ϕ | $\sqrt{N\sigma\gamma_m}$ |
|--------|--------------------------|
| .01 | (2.1607) |
| .02 | (1.7894) |
| .05 | (1.4550) |
| .10 | (1.3028) |
| .15 | 1.2548 |
| .20 | 1.2427 |
| .25 | 1.2494 |
| .30 | 1.2687 |
| .35 | 1.2981 |
| .40 | 1.3366 |
| .45 | 1.3845 |
| .50 | 1.4427 |
| .55 | 1.15130 |
| .60 | 1.5984 |
| .65 | 1.7034 |
| .70 | 1.8355 |
| .75 | 2.0069 |
| .80 | 2.2408 |
| .85 | 2.5849 |
| .90 | (3.1639) |
| .95 | (4.4721) |
| .98 | (7.0710) |
| .99 | (10.000) |

Tabla 4

Para el cálculo de la obtención de un gasto máximo que con períodos de retorno de 3, 5, 10 y 15 años se pueden presentar en las estaciones hidrométicas por el método de Gumbel se cuenta con los gastos máximos, que para la estación Américas son los mostrados en la (tabla 5), los cuales posteriormente se utilizan para la obtención del método.

| Año de Observación | Gasto Máximo Anual (Q_i) | $Q_i^2 \times 10^4$ |
|--------------------|------------------------------|---------------------|
| 1958 | 163.00 | 2.66 |
| 1959 | 288.00 | 8.29 |
| 1960 | 207.00 | 4.28 |
| 1961 | 36.90 | 0.14 |
| 1962 | 330.00 | 10.89 |
| 1963 | 147.00 | 2.16 |
| 1964 | 210.80 | 4.44 |
| 1965 | 157.20 | 2.47 |
| 1966 | 148.44 | 2.20 |
| 1967 | 400.00 | 16.00 |
| 1968 | 88.50 | 0.78 |
| 1969 | 53.88 | 0.29 |
| 1970 | 266.50 | 7.10 |
| 1971 | 354.05 | 12.54 |
| 1972 | 52.00 | 0.27 |
| 1973 | 350.00 | 12.25 |
| 1974 | 90.75 | 0.82 |
| 1975 | 192.61 | 3.71 |
| 1976 | 500.00 | 25.00 |
| N= 19 | = 4 036.625 | = 116.29 |

Tabla 5

Se cuantifica en primer lugar el gasto medio a través de

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} \quad (3.9)$$

donde Q_i = gastos máximos anuales observados en m^3/seg .

N = número de años de observación

Sustituyendo en (3.9) los valores totales de la (Tabla 5) se tiene que:

$$Q_m = \frac{4\,036.625}{19} = 212.45 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

después se calcula la desviación estandar de los gastos por medio de la ecuación (3.5) que al sustituir valores nos queda

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{116.29 \times 10^4 - 19 (212.45)^2}{18}} = 130.24$$

valorándose posteriormente los coeficientes \bar{V}_n y \bar{Y}_n que son constantes función de N (tabla 4).

$$\begin{aligned} \text{en nuestro caso se tiene } \bar{V}_n &= 1.0566 \\ \bar{Y}_n &= 0.5220 \quad N = 19 \end{aligned}$$

Ahora utilizando (3.4) para el cálculo del gasto máximo se van dando los valores de 3, 5, 10 y 15 años al periodo de retorno teniendo para cada caso:

$$\text{Para: } T_r = 3 \text{ años}$$

$$Q_{\text{máx}} = 212.45 - \frac{130.24}{1.0566} (0.5220 - \log_e 3) = 283.53 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para = Tr = 5 años

$$Q_{\text{máx}} = 212.45 - \frac{130.24}{1.0566} (0.5220 - \log_e 5) = 346.49 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para = Tr = 10 años

$$Q_{\text{máx}} = 212.45 - \frac{130.24}{1.0566} (0.5220 - \log_e 10) = 431.93 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para = Tr = 15 años

$$Q_{\text{máx}} = 212.45 - \frac{130.24}{1.0566} (0.5220 - \log_e 15) = 481.91 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Considerando el intervalo de confianza, según (3.7) ó (3.8) se tiene que:

$$\text{para } Tr = 3 \text{ años } \quad \phi = 1 - \frac{1}{3} = 0.66$$

$$\text{y según la (tabla 4) } \quad \sqrt{N} \alpha \sqrt{m} = 1.7034$$

sustituyendo en (3.7)

$$\Delta Q = \pm 1.7034 \frac{130.24}{1.0566 \sqrt{19}} = \pm 48.17$$

para $Tr = 5$ años $\phi = 1 - \frac{1}{5} = 0.80$

y según la (tabla 4) $\sqrt{N\alpha}T_m = 2.2408$

sustituyendo en (3.7)

$$\Delta Q = \pm 2.2408 \frac{130.24}{1.0566 \sqrt{19}} = \pm 63.37$$

para $Tr = 10$ años $\phi = 1 - \frac{1}{10} = 0.90$

como $\phi = 0.90$ se utiliza (3.8) quedando:

$$\Delta Q = \pm 1.14 \frac{130.24}{1.0566} = \pm 140.52$$

para $Tr = 15$ años $\phi = 1 - \frac{1}{15} = 0.93$

utilizando también (3.8)

$$\Delta Q = \pm 1.14 \frac{130.24}{1.0566} = \pm 140.52$$

Como se dijo anteriormente, el gasto máximo de diseño es igual al gasto máximo más su intervalo de confianza correspondiente asociado a su respectivo período de retorno, por lo que se concluye que:

para $Tr = 3$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 283.53 + 48.17 = 331.7 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 5$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 346.49 + 63.37 = 409.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 10$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 431.93 + 140.52 = 572.45 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 15$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 481.91 + 140.52 = 622.43 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El criterio seguido para la estación hidrométrica Silao es el mismo que se mostró para Américas, por lo que para la estación Silao, sólo se presentan los resultados encontrados también -- para los mismos periodos de retorno.

para $Tr = 3$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 134.37 + 32.53 = 166.90 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 5$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 177.99 + 42.79 = 220.78 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 10$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 237.18 + 97.34 = 334.52 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

para $Tr = 15$ años

$$Q_{\text{diseño}} = 271.80 + 97.34 = 369.14 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Se muestran a continuación las tablas 6 y 7, con la finalidad de conocer el tiempo en el que se puede presentar una avenida

igual o mayor a las registradas y la probabilidad de que esta ocurra, se consideran los gastos máximos registrados en las -- estaciones "Américas y Silao".

"ESTACION AMERICAS"

| Número de orden | Año de Observación | Gastos máx. Anuales (m ³ /seg) | Período de Retorno * | Probabilidad (%) |
|-----------------|--------------------|---|----------------------|------------------|
| 1 | 1976 | 500 | 20 | 5 |
| 2 | 1967 | 400 | 10 | 10 |
| 3 | 1971 | 354 | 6.66 | 15 |
| 4 | 1973 | 350 | 5 | 20 |
| 5 | 1962 | 330 | 4 | 25 |
| 6 | 1959 | 288 | 3.33 | 30 |
| 7 | 1970 | 266 | 2.86 | 35 |
| 8 | 1964 | 211 | 2.50 | 40 |
| 9 | 1960 | 207 | 2.22 | 45 |
| 10 | 1975 | 193 | 2.00 | 50 |
| 11 | 1958 | 163 | 1.82 | 55 |
| 12 | 1965 | 157 | 1.66 | 60 |
| 13 | 1966 | 148 | 1.54 | 65 |
| 14 | 1963 | 147 | 1.43 | 70 |
| 15 | 1974 | 91 | 1.33 | 75 |
| 16 | 1968 | 88 | 1.25 | 80 |
| 17 | 1969 | 54 | 1.17 | 85 |
| 18 | 1972 | 52 | 1.11 | 90 |
| 19 | 1961 | 37 | 1.05 | 100 |

* años

Tabla 6

"ESTACION SILAO"

| Número de orden | Año de Observación | Gastos máx. Anuales (m ³ /seg) | Período de Retorno* | Probabilidad (%) |
|-----------------|--------------------|---|---------------------|------------------|
| 1 | 1976 | 406 | 21.0 | 5 |
| 2 | 1962 | 210 | 10.5 | 10 |
| 3 | 1967 | 125 | 7.0 | 15 |
| 4 | 1971 | 123 | 5.25 | 20 |
| 5 | 1958 | 96 | 4.20 | 25 |
| 6 | 1970 | 93 | 3.50 | 30 |
| 7 | 1959 | 92 | 3.00 | 35 |
| 8 | 1973 | 88 | 2.63 | 40 |
| 9 | 1964 | 68 | 2.33 | 45 |
| 10 | 1957 | 66 | 2.10 | 50 |
| 11 | 1965 | 65 | 1.91 | 55 |
| 12 | 1966 | 61 | 1.75 | 60 |
| 13 | 1968 | 46 | 1.61 | 65 |
| 14 | 1972 | 40 | 1.50 | 70 |
| 15 | 1960 | 35 | 1.40 | 75 |
| 16 | 1975 | 34 | 1.31 | 80 |
| 17 | 1969 | 28 | 1.23 | 85 |
| 18 | 1963 | 13 | 1.17 | 90 |
| 19 | 1974 | 10 | 1.10 | 95 |
| 20 | 1961 | 1 | 1.05 | 100 |

* años

Tabla 7

3.2.3 Curva Elevaciones - Gastos (Estación Américas)

El objeto de este tipo de curvas es de suma importancia para -- efectos de control o alertamiento aguas abajo de la estación -- aforadora; pues con solo conocer el tirante en ese sitio es po sible determinar el gasto que pasa en un determinado momento.

Para calcular la curva tirantes - gastos (figura 3) se contó -- con el registro de gastos máximos aforados y sus correspondienu

tes niveles. (tabla 8)

| Año de Observación | Gasto máximo Anual (m ³ /seg) | Tirante (m) |
|--------------------|--|-------------|
| 1958 | 163 | 3.22 |
| 1959 | 288 | 4.07 |
| 1960 | 207 | 3.55 |
| 1961 | 36.90 | 1.74 |
| 1962 | 330 | 4.31 |
| 1963 | 147 | 3.08 |
| 1964 | 210.80 | 3.58 |
| 1965 | 157.20 | 3.17 |
| 1966 | 148.44 | 3.09 |
| 1967 | 400 | 4.67 |
| 1968 | 88.50 | 2.50 |
| 1969 | 53.87 | 2.03 |
| 1970 | 266.50 | 3.94 |
| 1971 | 354.05 | 3.43 |
| 1972 | 52 | 2.00 |
| 1973 | 350 | 4.41 |
| 1974 | 104.127 | 2.67 |
| 1975 | 192.61 | 3.45 |
| 1976 | 500 | 5.10 |

Tabla 8

A continuación partiendo de la ecuación exponencial:

$$Q = Ky^i \quad (3.10)$$

y dejándola en función del tirante, se sacan logaritmos hasta llegar a su reducción; quedando:

$$\log Q = \log K + i \log Y \quad (3.11)$$

escogiendo valores al azar de la (tabla 8)

| Y | Q | log Y | log Q |
|------|---------|--------|--------|
| 4.67 | 400 | 0.669 | 2.602 |
| 2.67 | 104.127 | 0.4265 | 2.0175 |

Sustituyendo los valores de esta tabla en (3.11) tenemos que:

$$2.602 = \log K + i (0.669)$$

$$2.0175 = \log K + i (0.4265)$$

posteriormente resolviendo estas dos ecuaciones por igualación llegamos a:

$$0.5845 = 0.2425 i \quad \text{donde } i = 2.410$$

Posteriormente se sustituye el valor de i sacado en el paso anterior en cualquiera de las dos ecuaciones;

$$\log K = 2.602 - 2.410 (0.669) = 0.9897$$

donde $K = 9.7658$

de aquí que la ecuación (3.10) ya sustituyendo valores queda:

$$Q = 9.7658 Y^{2.41} \quad (3.12)$$

en (3.12) se puede comprobar lo que se mencionó anteriormente: el gasto queda en función del tirante.

Se deduce en este punto, que con el uso de esta ecuación se -- puede obtener el hidrograma de cualquier avenida, conociendo - las alturas de agua en la estación hidrométrica Américas.

3.2.4 Correlación Lineal.

El análisis de correlación se utiliza para conocer como una variable independiente (X) afecta a una variable dependiente (Y); si sólo existe una variable independiente involucrada en el -

GRAFICA RELACION GASTOS MAXIMOS - TIRANTES
PARA LA ESTACION HIDROMETRICA LAS AMERICAS

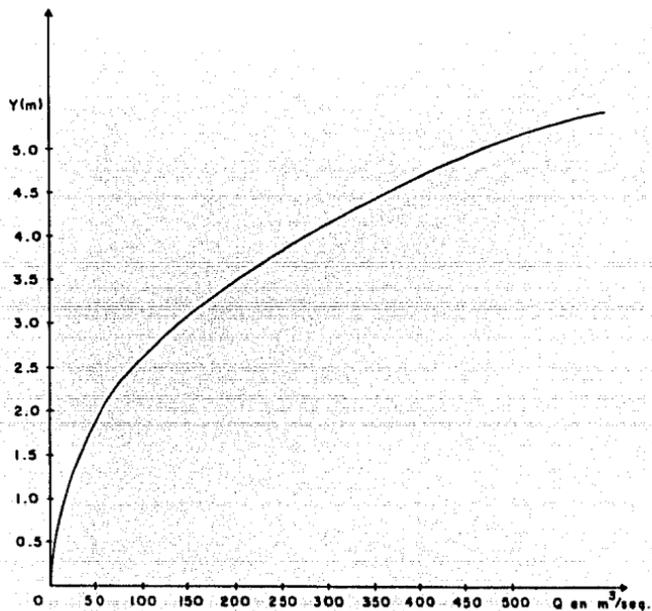


FIG. 3

proceso se le conoce como correlación simple o lineal; si hay más de una variable independiente, se denomina correlación múltiple.

El estudio que a continuación se hace es con el fin de relacionar gastos que se presentan en la cuenca, pero en diferentes ríos, como son el Guanajuato y el Silao.

Para este caso, dado que las parejas de valores tienen tendencia a una línea recta, se utilizó el método de mínimos cuadrados; el cual se basa en que la suma de los errores al cuadrado sea mínimo.

La ecuación de la recta de regresión se puede escribir como:

$$Y_i = a + b X_i \quad (3.13)$$

la cual plantea el problema de calcular los valores de los parámetros a y b , tales que proporcionen el mejor ajuste de los datos.

El error (e_i) para cada punto muestreado se obtiene como:

$$e_i = Y_i - (a + bX_i) \quad (3.14)$$

donde Y_i es el valor dato, y $(a+bX_i)$ es el valor inferido u obtenido de la ecuación de la recta de regresión. Haciendo que las sumas de los errores (e_i) al cuadrado de cada punto dato (ec. 3.14) sea mínimo, se obtienen las ecuaciones simultáneas:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = An + b \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.15)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = A \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2 \quad (3.16)$$

donde n = número de parejas de datos.

Se tienen entonces dos ecuaciones con dos incógnitas a y b , -- que son los parámetros buscados; los cuales es posible también conocerlos haciendo la siguiente relación:

$$b = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \quad (3.17)$$

y

$$a = \bar{y} - b(\bar{x}) \quad (3.18)$$

donde

$$S_{XX} = n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \quad (3.19)$$

$$S_{YY} = n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) \quad (3.20)$$

y \bar{X} y \bar{y} son la media de los valores X_i y Y_i respectivamente.

La ecuación de la recta de regresión (3.13) así obtenida es -- para cada X_i , la media de la variación de la variable depen -- diente Y_i . Conforme la pareja de los valores $X_i Y_i$ tienden a -- agruparse sobre una línea recta la variancia del error tenderá a cero.

La variancia del error se puede escribir como:

$$s_e^2 = \frac{S_{yy}}{n(n-2)} \left[1 - \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx} S_{yy}} \right] = s_y^2 \left[1 - r_{xy}^2 \right] \quad (3.21)$$

siendo:

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{(S_{xx} S_{yy})^{1/2}}$$

el coeficiente de correlación lineal.

Para cada valor de la variable independiente $X = X_0$ se puede conocer cual es el error estandar para un cierto nivel de significancia α de la variable dependiente; aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \pm T \frac{\alpha}{2} s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{n(X_0 - \bar{X})^2}{S_{xx}}} \quad (3.22)$$

donde: $T \frac{\alpha}{2}$ se obtiene para la distribución t con $n - 2$ grados de libertad.

Quedando según la suma de las ecuaciones (3.13) y (3.22) la ecuación:

$$Y = a + bX \pm E \quad (3.23)$$

Para cualquier valor de la variable independiente X .

En la determinación de la ecuación que relaciona gastos entre estaciones hidrométricas en la Cuenca Guanajuato-Silao se considerará a la estación Américas como variable independiente, y a la Silao como dependiente; además es importante considerar que esta correlación lineal no es aplicable en caso de lluvias --

aisladas que escurren únicamente por un solo dren.

| Número | Año | Estación Américas | Estación Silao |
|--------|------|-------------------|----------------|
| 1 | 1958 | 163.0 | 96.0 |
| 2 | 1959 | 288.0 | 92.3 |
| 3 | 1960 | 207.0 | 35.5 |
| 4 | 1961 | 36.9 | 1.3 |
| 5 | 1962 | 330.0 | 210.0 |
| 6 | 1963 | 147.0 | 12.7 |
| 7 | 1964 | 210.8 | 68.0 |
| 8 | 1965 | 157.2 | 64.9 |
| 9 | 1966 | 148.4 | 61.0 |
| 10 | 1967 | 400.0 | 125.2 |
| 11 | 1968 | 88.5 | 45.8 |
| 12 | 1969 | 53.9 | 28.2 |
| 13 | 1970 | 266.5 | 93.2 |
| 14 | 1971 | 354.1 | 122.7 |
| 15 | 1972 | 52.0 | 39.6 |
| 16 | 1973 | 350.0 | 87.7 |
| 17 | 1974 | 90.8 | 6.5 |
| 18 | 1975 | 192.6 | 34.5 |
| 19 | 1976 | 500.0 | 277.2 |

Tabla 9

Con base en los datos de la (tabla 9) se empieza el cálculo --
que posteriormente se ilustra en la (tabla 10).

De la (tabla 10) $\bar{X} = 212.5$ $\bar{Y} = 72.1$

$$\sum_{i=1}^{19} x_i = 4,036.7$$

$$\sum_{i=1}^{19} y_i = 1,370.0$$

$$\sum_{i=1}^{19} (x_i)^2 = 1,163,182.7$$

$$\sum_{i=1}^{19} (y_i)^2 = 205,456.77$$

$$\sum_{i=1}^{19} (x_i y_i) = 457,017.5$$

| Número | Q (Est. Américas) Xi | Q (Est. Silao) Yi | Xi^2 | Yi^2 | (XiYi) |
|--------|-------------------------|----------------------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 163.0 | 96.0 | 26,569.00 | 9,216.00 | 15,648.0 |
| 2 | 288.0 | 92.3 | 82,944.00 | 8,519.29 | 26,582.4 |
| 3 | 207.0 | 35.5 | 42,849.00 | 1,260.25 | 7,348.5 |
| 4 | 36.9 | 1.3 | 1,361.61 | 1.69 | 47.97 |
| 5 | 330.0 | 210.0 | 108,900.00 | 44,100.00 | 69,300.0 |
| 6 | 147.0 | 12.7 | 21,609.00 | 161.29 | 1,866.9 |
| 7 | 210.8 | 68.0 | 44,436.64 | 4,624.00 | 14,334.4 |
| 8 | 157.2 | 64.9 | 24,711.84 | 4,212.01 | 10,202.28 |
| 9 | 148.4 | 61.0 | 22,022.56 | 3,721.00 | 9,052.4 |
| 10 | 400.0 | 125.2 | 160,000.00 | 15,675.04 | 50,080.0 |
| 11 | 88.5 | 45.8 | 7,832.25 | 2,097.64 | 4,053.3 |
| 12 | 53.9 | 28.2 | 2,905.21 | 795.24 | 1,519.98 |
| 13 | 266.5 | 93.2 | 71,022.25 | 8,686.24 | 24,837.8 |
| 14 | 354.10 | 122.7 | 125,386.81 | 15,055.29 | 43,448.07 |
| 15 | 52.0 | 39.6 | 2,704.00 | 1,568.16 | 2,059.2 |
| 16 | 350.0 | 87.7 | 122,500.00 | 7,691.29 | 30,695.0 |
| 17 | 90.8 | 6.5 | 8,244.64 | 42.25 | 590.2 |
| 18 | 192.6 | 34.5 | 37,094.76 | 1,190.25 | 6,644.5 |
| 19 | 500.0 | 277.2 | 250,000.0 | 76,839.84 | 138,600.0 |
| | 4,036.7 | 1,370.0 | 1'163,182.7 | 205,456.77 | 457,017.5 |

Tabla 10

Cálculo de los parámetros a y b de (3.19) y (3.20):

$$S_{xx} = 19(1'163,182.7) - (4,036.7)^2 = 5'805,524.41$$

$$S_{xy} = 19(457,017.5) - (4,036.7 \times 1,370) = 3'153,053.5$$

qué sustituyendo en (3.17) nos dá:

$$b = 0.54311$$

Como las respectivas medias de \bar{X} y \bar{Y} son: 212.5 y 72.1 la ecuación (3.18) queda:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = 72.1 - 0.54311(212.5) = -43.3109$$

quedando la ecuación de la recta de regresión que proporciona el mejor ajuste entre los valores de los gastos medios anuales entre los ríos Silao y Guanajuato como:

$$y^1 = -43.3109 + 0.54311 x$$

o bien

$$Q_s = -43.3109 + 0.54311 Q_g \quad (3.24)$$

entendiéndose que:

$$Q_{\text{silao}} = f(Q_{\text{gto.}})$$

o bien:

$$Y = f(X)$$

siendo su coeficiente de correlación igual a:

$$r^2 = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = \frac{(3'153,053.5)^2}{5'805,524.41 (2'026,778.63)} = 0.8449$$

donde

$$S_{yy} = n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 = 19(205,456.77) - (1,370)^2 \quad S_{yy} = 2,026,778.63$$

donde: $r = 0.91918$

observece que como r queda dentro del rango 1, -1 todos los -- puntos se encuentran sobre la recta.

Para conocer el gasto medio que circula por el río Silao cuando en el río Guanajuato transita un gasto medio de 200 m³/seg.

$$X = 200$$

$$Y = -43.3109 + 0.54311 (200)$$

$$Y = 65.3$$

donde: $Q_s = 65.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Para valuar el valor estandar, considerando un nivel de significancia de:

$$T = 2.222 \quad P = 0.45 \quad \alpha = 0.55 \quad \frac{\alpha}{2} = 0.275$$

$$y \text{ grados de libertad} \quad \sqrt{\quad} = n-2 = 19-2 = 17$$

donde

$$T_{\frac{\alpha}{2}} = 2.222 (0.275) = 0.611$$

Sustituyendo en (3.21) la variancia del error será:

$$se^2 = \frac{Syy}{n(n-2)} \left[1 - \frac{(Sxy)^2}{SxxSyy} \right] = \frac{2'026,778.63}{19(17)}$$

$$\left[1 - 0.8449 \right] = 973.23$$

donde

$$se = 31.197$$

y si

$$x_0 = 200$$

$$se = 31.197$$

según (3.22) tenemos que:

$$E = \pm 0.611 (31.197) \sqrt{1 + \frac{1}{19} + \frac{19(200-212.5)^2}{5'805,524.41}}$$

$$E = \pm 19.56$$

por lo que con $x_0 = 200$ y tomando en cuenta $E = 19.56$

$$Q_{\text{medio máx. en est. Silao}} = 65.3 + 19.56 = 84.86$$

y

$$Q_{\text{medio mín. en est. Silao}} = 65.3 - 19.56 = 45.74$$

Dando valores al Q en Guanajuato tenemos que:

$$Q_g = 0$$

$$Q_s = -43.3109 \text{ m}^3/\text{seg}$$

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| $Q_g = 100$ | $Q_s = 11.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ |
| $Q_g = 200$ | $Q_s = 65.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ |
| $Q_g = 500$ | $Q_s = 228.24 \text{ m}^3/\text{seg}$ |

y al graficar estos valores se forma la (fig.4)

3.2.5 Tránsito de la Avenida

Es la técnica hidrológica utilizada para calcular el efecto - del almacenamiento en un canal sobre la forma y movimiento de una onda de avenida.

En nuestro caso, como no contamos con secciones transversales suficientes para tal estudio, se ha hecho una gráfica del tránsito en base a experiencias y observaciones (fig. 5) hechas en el lugar.

Dichas observaciones se han comprobado año con año y se ha llegado a la conclusión que los valores reales son muy semejantes a los calculados por la serie de correlaciones que enseguida se presentan.

El objetivo de estas correlaciones es el llegar a tener dos -- curvas de gastos; una en Américas y otra en Garrida y además -- conocer aproximadamente el tiempo de traslado de las ondas --

CORRELACION DE AFORO ENTRE LAS ESTACIONES AMERICAS Y SILAO

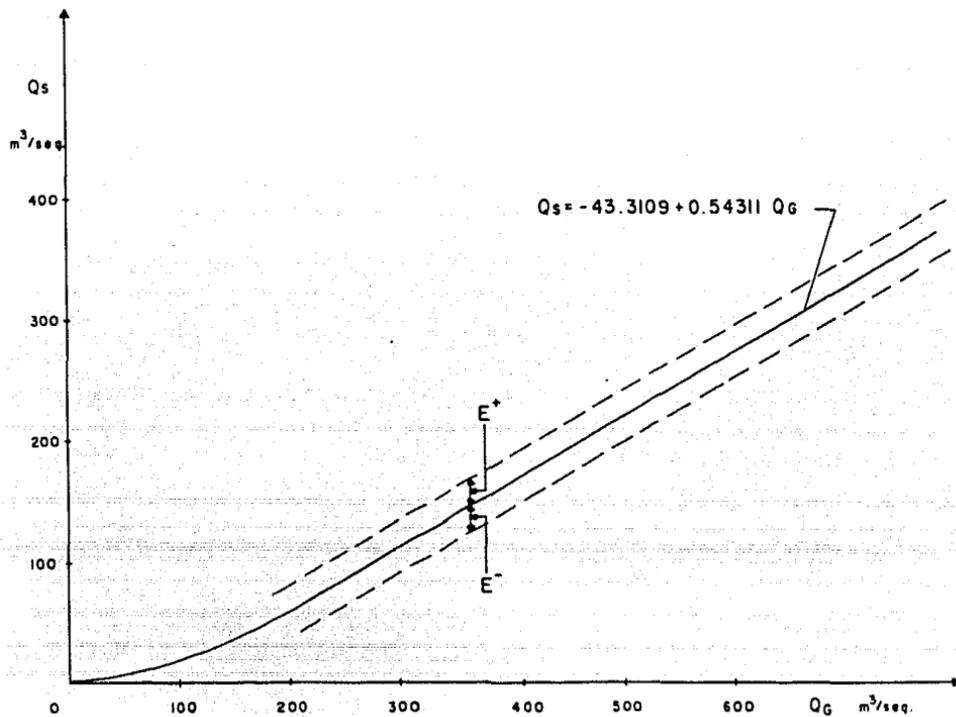


FIG 4

presentadas entre las dos estaciones antes mencionadas.

La Metodología empleada para la elaboración de la gráfica de - correlación de gastos y tiempos de traslado de avenidas entre las estaciones "Américas y Garrida", parte de la base que los datos con que se contó para efectuar la correlación, son los - reportes hidrométricos de ambas estaciones, que normalmente se tienen a cada hora, incrementandose en frecuencia cuando amenta el gasto considerablemente.

El proceso es el siguiente:

Primer paso.-

Se analizaron los años 1976 y 1977, tomándose como representa- --tivos cinco días de cada mes; julio, agosto y septiembre de 1977 y 3 días de los mismos meses, pero del año de 1976. La - elección de estos días se hizo en base a los de mayor gasto registrado en el mes correspondiente. (Se tomaron más días por - mes en 1977, debido a que las fuertes avenidas en 1976 altera- ron en mucho la correlación entre estaciones).

Segundo paso.-

Se efectuó una relación por día anotando la hora de reporte; -

el gasto reportado en Américas y el reportado en Garrida a la misma hora.

Tercer paso.-

Se realiza una gráfica en base a la relación anterior, tomando en cuenta la hora del reporte y ubicarla en la ordenada de la gráfica y en las abcisas los gastos reportados, así se forman dos curvas que para diferenciarlos se hicieron en dos colores, una para Américas y otra para Garrida.

Cuarto paso.-

Para el análisis de las gráficas resultantes, se tomaron en -- cuenta, entre otras cosas, las siguientes bases: comportamiento de las curvas para determinar el tiempo de traslado; variación de la proporción de gastos para deducir la posible influencia del arroyo el Sauz y así, obtener una proporción lo más aproximada posible entre las estaciones en cuestión.

Quinto paso.-

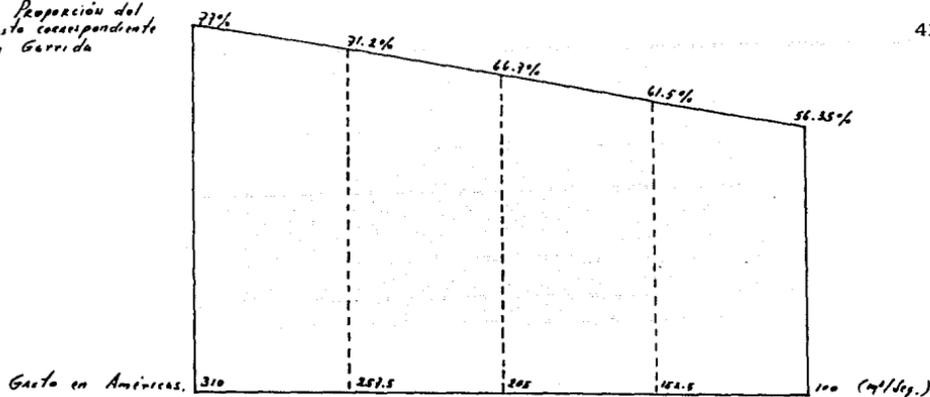
Con el análisis de esas gráficas se sacó una gráfica de correlación donde se aprecia la proporción que corresponde en -- Garrida de un gasto determinado presentado en Américas, así --

como el tiempo de traslado del mismo. Para su mejor interpretación la correlación se dividió en rangos de influencia en base a: con gastos mayores de $310 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Américas, empiezan ciertos remansos y pequeños desbordamientos que proporcionan la relación; con este gasto en Américas a la 1:15 hrs. se presentan $240 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Garrida, (que es el 77% del de Américas), el gasto extremo inferior es de $14 \text{ m}^3/\text{seg}$, pues a menos gasto se pierde también la proporción, este gasto en Américas corresponden $4.8 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Garrida que es el 35.7% del primero .

La proporción promedio es de 56.35%.

Analizando la curva de proporciones se observa que, aproximadamente a 1:45 hrs., el factor tiempo empieza a variar más rápidamente en función del gasto. De aquí y para facilitar cálculos se cerró en $56.35 \text{ m}^3/\text{seg}$, en Garrida (factor proporción -- promedio), correspondiendo a $100 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Américas, después se dividió la recta de Américas en cuatro partes, dando su correspondiente a la curva de Garrida en base a la relación -- siguiente:

Proporción del
gasto correspondiente
en Garrida



Siguiendo el mismo proceso, se divide en tres partes la recta de América y su unión a la correspondiente en Garrida. Así se lee la gráfica de la siguiente manera:

Se busca el gasto reportado en América, se sigue la franja -- según el rango a que pertenezca (paralelo a sus límites) y se lee el gasto en Garrida, de allí se sigue en forma vertical -- hasta la recta del tiempo y se lee el tiempo de traslado.

Ejemplo:

Se reportan $270 \text{ m}^3/\text{seg}$ en América. Se busca en la recta -- correspondiente. (Está en el último rango 257-310).

Paralelo a la recta que parte de la escala 257 y a la altura -- del punto 270, se encuentra el gasto correspondiente en Garrida, que es de $196 \text{ m}^3/\text{seg}$. De allí en forma vertical para abajo se lee 1.18 hrs., lo que indica que un gasto de $270 \text{ m}^3/\text{seg}$ en América dura 1 hora 18 minutos en llegar a Garrida y se --

CORRELACION DE GASTOS Y TIEMPOS DE TRASLADO DE AVENIDAS DE LAS ESTACIONES AMERICAS, GARRIDA

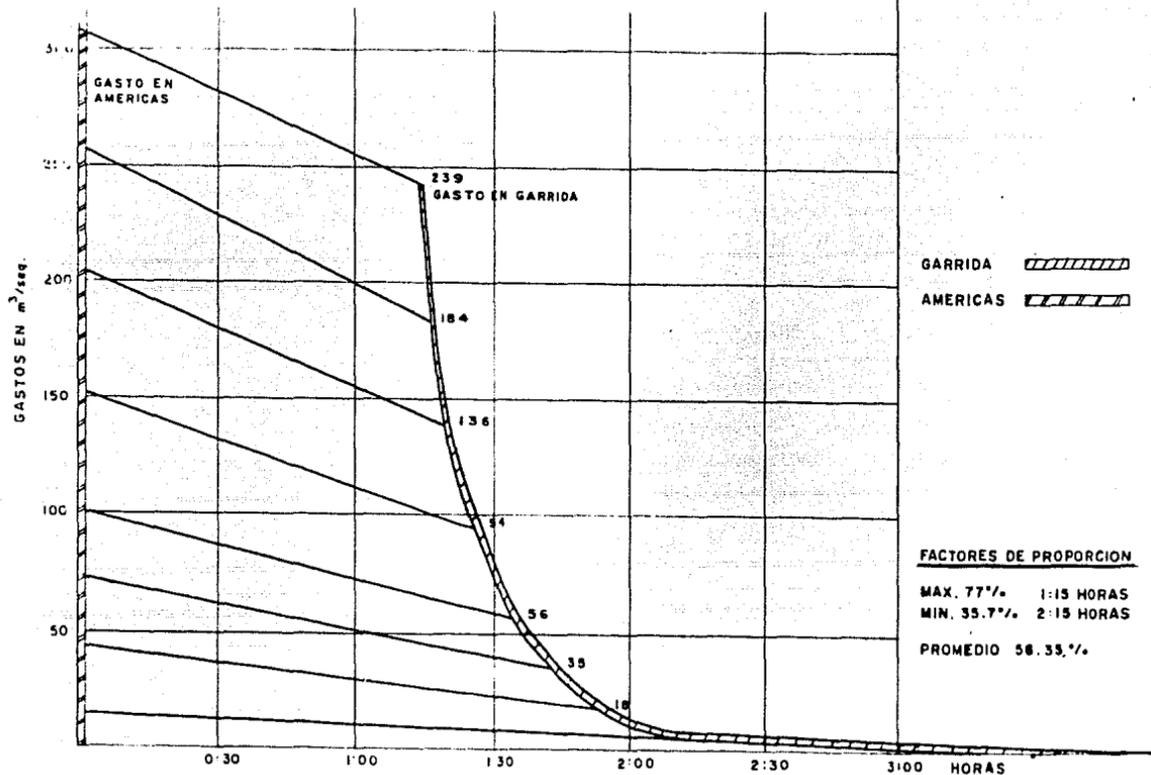


FIG. 5

presenta de $196 \text{ m}^3/\text{seg.}$

La (figura 5) tiene varios factores que alteran la proporción de relación, así como el tiempo de traslado de las avenidas.

Estos factores se mencionan a continuación: la forma como se presente la avenida en la estación Américas; ejemplo:

La avenida se presenta en forma violenta y grande, pero de poca duración.



Disminuye la proporción de gasto --
en Garrida aumenta el tiempo de --
traslado.

Y además es importante no despreciar el gasto que aporta el --
arroyo El Sauz.

3.2.6 Parámetros de Inundación

La determinación de estos parámetros es en base a la experiencia y observación de los daños que se han producido en esos lugares al presentarse unos gastos determinados.

Dichos parámetros están bien definidos, y para su interpretación se les ha dividido en tres etapas que, por la magnitud de los daños, se les identifica como: inundación leve, inundación moderada e inundación severa.

Estos parámetros o gastos se han determinado para los dos ríos de importancia dentro de la cuenca, que son como ya se ha dicho antes el Guanajuato y el Silao.

Los parámetros de inundación para las diferentes etapas son -- los siguientes:

| TIPO DE INUNDACION | RIO GUANAJUATO | RIO SILAO |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Inundación leve | 300 - 375 m ³ /seg | 100 - 150 m ³ /seg |
| Inundación moderada | 375 - 450 " " | 150 - 250 " " |
| Inundación severa | > 450 " " | > 250 " " |

3.2.6.1 Cuenca del río Guanajuato

Inundación Leve.-

Con un gasto que fluctúa entre 300 y 375 m³/seg registrados en la estación Américas, comienzan los problemas de inundación en la cuenca del río Guanajuato, (plano 2) resultando lo siguiente:

- Aguas abajo de la estación Hidrométrica las Américas, - -
aproximadamente a 9 km. por la margen derecha, empieza a des -
bordar el río, a la altura del poblado Lo de Juárez, inundando
con láminas mínimas, aproximadamente 20 hectáreas, las que de
no presentarse otra avenida de igual magnitud en las siguien -
tes dos horas drenan rápidamente sin consecuencias.

- Aproximadamente 3 km. aguas abajo del poblado Lo de Juárez,
y por la margen derecha el río deslava el bordo fusible, inun -
dando con tirantes mínimos áreas de cultivo principalmente -
maíz híbrido, en una faja de 20 x 80 metros paralela al cauce;
esta agua drena a través de las alcantarillas de la vía férrea
e inunda con tirantes mínimos 120 hectáreas de cultivo en la -
zona comprendida entre el río Guanajuato y el bordo del canal
Tepalcates, ya que ésta funciona como vaso regulador, drenando
rápidamente por conducto de un sifón que vierte sus aguas - -
hacia el canal Las Ardillas, con una capacidad de 5 m³/seg el
que confluye con el río Silao, aproximadamente 800 metros - -
aguas abajo de la presa el Conejo II, causando pérdidas míni -
mas a los cultivos mencionados, siempre y cuando no se presen -
ten inmediatamente otras avenidas de igual o mayor magnitud.

Con este gasto registrado en la estación Américas, se presenta

en la derivadora "La Garrida", un gasto promedio de $220 \text{ m}^3/\text{seg}$, la cual para este momento mantiene sus 4 compuertas del río - Guanajuato con una abertura de 1.20 mts. y las 3 compuertas - del canal Tepalcates, con una abertura de 1.35 mts. por donde deriva un gasto de $136 \text{ m}^3/\text{seg}$ y vertiendo sobre compuertas un gasto de $84 \text{ m}^3/\text{seg}$, bifurcándose estos gastos en $150 \text{ m}^3/\text{seg}$ - por el río Guanajuato y $70 \text{ m}^3/\text{seg}$ por el canal Tepalcates, - ocasionando aguas abajo los problemas que a continuación se -- detallan:

- En la margen izquierda del río Guanajuato 500 mts. aguas -- abajo del puente vía férrea México - Irapuato, a la altura de la colonia Morelos de la ciudad de Irapuato, el río desborda en un tramo aproximado de 16 mts., inundando con tirantes mínimos una superficie de terrenos baldíos de aproximadamente 3000 m^2 , sin consecuencia alguna.

- Debido a las aportaciones del canal Tepalcates, del canal - Ardillas, de la presa el Conejo y de pequeños escurrimientos de su propia cuenca, en el río Silao se registran gastos (Est. - Arandas), del orden de $100 \text{ m}^3/\text{seg}$, que al llegar a la confluencia con el río Guanajuato, no pueden descargar libremente ya - que el tirante de escurrimiento de este último es mayor que el

del río Silao, en donde las aguas se remansan, elevando su -- propio tirante e inundando por su margen izquierda, aproximada -- mente 80 hectáreas de cultivo, principalmente sorgo, con lámi -- nas de agua que fluctúan entre 0.20 y 0.50 mts., las que de no presentarse otra avenida de consideración y que las condicio -- nes meteorológicas mejoren en la región, drenan aproximadamen -- te en 72 horas, sin ocasionar pérdidas de consideración.

- Debido al meandro del río Guanajuato y a la velocidad de la corriente, frente al poblado de Yóstirol, el bordo de protecc -- ción margen izquierdo se erosiona fácilmente, poniendo en pe -- ligro la estabilidad del mismo y por consecuencia a la pobla -- ción, en la margen derecha se erosiona el bordo en la misma -- forma, poniendo en peligro de inundación una superficie consi -- derable de cultivo.

Inundación Moderada.-

Con un gasto que fluctúa entre 375 y 450 m³/seg, registrados en la estación Américas, los problemas de inundación que se -- ocasionan en la cuenca del río Guanajuato (plano 3) son los -- siguientes:

- Aguas abajo de la estación Américas el río desborda en va -- rios puntos críticos, inundando con láminas de 0.20 y 0.60 mts.

una superficie de 100 hectáreas de cultivos de maíz híbrido, sorgo y fresa de los Ejidos Marquez y Lo de Juárez.

- Los bordos fusibles 1 y 2 localizados sobre la margen derecha a 1.2 y 2.5 kms. aguas arriba de la derivadora "La Garrida" se rompen a consecuencia de las cargas hidráulicas ejercidas sobre los mismos, aunadas al remanso que se produce en la derivadora "La Garrida", ocasionando la inundación de las zonas urbanas de el Copalillo y Los Arcos de la Garrida, además de una zona de cultivo de aproximadamente 800 hectáreas, comprendida entre el río Guanajuato y el bordo del canal Tepalcates, la cual funciona como vaso regulador, drenando su caudal por conducto de un sifón que vierte sus aguas hacia el canal Las Ardillas, con una capacidad de $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ el que confluye con el río Silao aproximadamente 800 mts. aguas abajo de la presa de control El Conejo II, causando pérdidas considerables en la mayor parte de los cultivos.

Dado el fenómeno anteriormente descrito, existe la posibilidad de rompimiento de los bordos del canal Tepalcates en algunos puntos débiles del mismo, y por lo consiguiente la inundación de algunos ejidos y colonias de la zona comprendida entre los ríos Guanajuato y Silao; entre otros: Arandas, Juárez, Españo-

ta y algunas zonas de mas bajo nivel topográfico de la propia ciudad de Irapuato.

Con este gasto registrado en la estación Américas, se presenta en la derivadora "La Garrida" un gasto promedio de $250 \text{ m}^3/\text{seg}$, la cual, para este momento, mantiene sus 4 compuertas del rio Guanajuato con una abertura de 1.20 mts. y las 3 compuertas - del canal Tepalcates, con una abertura de 1.35 mts. por donde deriva un gasto de $136 \text{ m}^3/\text{seg}$ y vertiendo sobre compuertas un gasto de $114 \text{ m}^3/\text{seg}$, escurriendo $170 \text{ m}^3/\text{seg}$ por el río Guana - juato y $80 \text{ m}^3/\text{seg}$ por el canal Tepalcates, ocasionando aguas - abajo los problemas que a continuación se detallan:

- Aguas abajo del puente Copalillo, aproximadamente a 3 kms., en el puente para peatones del Carrizalito y sobre la margen izquierda se inundan 25 hectáreas de cultivo aproximadamente.
- A 500mts. aguas abajo del puente vía férrea México-Irapuato y sobre la margen izquierda, a la altura de la Col. Morelos de la Cd. de Irapuato, el río desborda en un tramo aproximado de 16 mts., inundando zona baldía de 3000 m^2 , y con probabilidad de inundar la zona urbana, dependiendo del pico de la avenida presentada.

- Aguas abajo del cruce con la autopista y sobre la margen derecha, existe un punto crítico en el que el bordo está muy bajo, amenazando con desbordar el río e inundar una superficie de cultivo aproximada de 50 hectáreas.
- Aguas abajo, a la altura del ejido de Tomelopitos y sobre la margen derecha, el río desborda inundando 35 hectáreas de cultivo.
- Aguas abajo de la población de San Roque, en el bordo margen izquierda en un tramo aproximado de 3 kms. exista la posibilidad de que el río desborde e inunde 75 hectáreas de cultivo.
- Debido a las aportaciones del canal Tepalcates, del canal Ardillas, de la presa el Conejo y de pequeños escurrimientos de su propia cuenca, en el río Silao se registran gastos -- (Est. Arandas) mayores de $100 \text{ m}^3/\text{seg}$, que al llegar a la confluencia con el río Guanajuato, no pueden descargar libremente ya que el tirante de escurrimiento de este último es mayor que el del río Silao, en donde las aguas se remansan elevando su propio tirante e inundando por su margen izquierdo aproximadamente 100 hectáreas de cultivo de los ejidos Tomelópez y ampliación San Roque, desbordando además por su margen derecha

5

e inundando aproximadamente 250 hectáreas de cultivo de los ejidos Venado de Yósti y Ampliación San Roque.

- Debido al meandro del río Guanajuato y a la velocidad de la corriente, frente al poblado de Yósti, el bordo de protección, margen izquierdo se erosiona, existiendo la posibilidad de romperse e inundar las partes bajas de la población.

- Aproximadamente 300 mts. aguas abajo del poblado de Yósti y sobre la margen derecha, el bordo es socavado por la corriente, con posibilidades de romperse e inundarse una superficie aproximada de 100 hectáreas de cultivo.

- A 500 mts. aguas abajo del poblado de Yósti por la margen derecha, se localiza el dren Yósti, el cual, debido al mayor tirante hidráulico del río, funciona inversamente, desbordando sus aguas e inundando aproximadamente una superficie de 80 hectáreas de cultivo.

- En el tramo Yósti-Pueblo Nuevo, existe la posibilidad de que el río desborde en varios puntos bajos sobre la margen derecha, inundando con tirantes mínimos áreas de cultivo de poca consideración, condicionado a la duración del "pico" de la avenida y al tirante con que escurra el caudal del río Lerma.

Inundación Severa.-

Para un gasto mayor de $450 \text{ m}^3/\text{seg}$ registrado en la estación -
Américas, los problemas de inundación en la cuenca del río --
Guanajuato (plano 4), son los siguientes:

- Aproximadamente a 6 kms. aguas abajo de la estación Améri -
cas a la altura del poblado Marquez, el río desbordado inun -
dando con tirantes de hasta 0.50 mts. una superficie de culti -
vo aproximada de 600 hectáreas de los ejidos La Calera, Marquez
y Gabino Vázquez, además de inundar con tirantes promedio de -
0.40 mts. casas-habitación de la zona urbana del ejido Marquez.
- Los tres bordos fusibles localizados sobre la margen derecha
a 1.2, 2.5 y 3.4 kms. aguas arriba de la derivadora "La Garri -
da", se rompen a consecuencia de las cargas hidráulicas ejerci -
das sobre los mismos, aunadas al remanso que se produce en la -
derivadora "La Garrida", ocasionando la inundación de la zonas
urbanas de los ejidos Copalillo y Arcos de la Garrida, en don -
de los tirantes alcanzan hasta 1.50 mts., además de inundar -
una zona de cultivo de aproximadamente 800 hectáreas, compren -
didas entre el río Guanajuato y el bordo del canal Tepalcates,
la cual funciona como vaso regulador, drenando su caudal por -
conducto de un sifón hacia el canal Las Ardillas, con una capa

cidad de $5 \text{ m}^3/\text{seg}$, la cual es insuficiente para drenar el área inundada, empezandose a represar el agua en el bordo del canal Tepalcates para después verter sobre el mismo, provocando el erosionamiento en un tramo aproximado de 2 kms.; lo que puede traer como consecuencia la ruptura de los bordos de ambas -- márgenes del canal, lo cual ocasiona la inundación de una zona de cultivo de los ejidos Arandas y Juárez, drenando esta agua hacia la ciudad de Irapuato, en donde los tirantes pueden alcanzar hasta 1.20 mts.

Con un gasto de $500 \text{ m}^3/\text{seg}$ (julio de 1976) registrado en la -- Estación Américas, aunado a las aportaciones del arroyo El -- Sauz, y tomando en consideración los desbordamientos del río, antes de llegar a la derivadora La Garrida, en ésta se presenta un gasto de tal magnitud que resulta inoperable, dada la capacidad máxima conocida de la misma, la cual mantiene sus 4 - compuertas del río Guanajuato con una abertura de 1.20 mts. y las 3 compuertas del canal Tepalcates con una abertura de 1.35 mts.

- En el tramo del río Guanajuato, comprendido entre la derivadora La Garrida y el cruce con la autopista Salamanca-Irapuato, el río desborda en varios puntos bajos a ambos márgenes: en el

puente para peatones de el Carrizalito en su margen izquierda, el río socava y erosiona el bordo, inundando una superficie - aproximada de 40 hectáreas; a la altura de la Col. Morelos el río desborda sobre su margen izquierda, e inunda con tirantes variables la colonia mencionada.

- En el tramo comprendido entre el cruce de la Autopista - - Salamanca-Irapuato y el ejido de Tomelopitos por su margen derecha el río Guanajuato desborda en varios puntos que, aun - dos a los desbordamientos del río Silao, en su margen izquier da y el caudal que en un momento determinado puede drenar de la Cd. de Irapuato; inunda las siguientes poblaciones: San - Francisco, San Miguelito, Tlaxcalita, San Jose de Jorge López, Candelaria, San José de Bernalejo, El Carmen, La Sonaja, San - Isidro de Borja, causando pérdidas considerables en los culti - vos, en ganado de varias especies, así como en casas-habita - ción.

- En la confluencia del río Guanajuato con el río Silao, - - este último no puede descargar libremente, ya que el tirante - de escurrimiento del río Guanajuato es mayor, remansándose - las aguas, elevando su propio tirante e inundando por su mar - gen izquierda aproximadamente 100 hectáreas de cultivo de los

ejidos Tomelópez y Ampliación San Roque, desbordando además -- por su margen derecha e inundando aproximadamente 250 hectá -- reas de cultivo de los ejidos Venado de Yósti y Ampliación -- San Roque.

- A la altura del poblado de Yósti, el río Guanajuato des -- borda sobre su margen izquierda, inunda las partes bajas de la población con tirantes que varían entre 0.40 y 1.20 mts., la -- cual una vez pasada la avenida drena rápidamente, sin ocasionar pérdidas de consideración.

- Aproximadamente a 300 mts. aguas abajo del poblado de Yósti -- ro, sobre la margen derecha, el río desborda inundando una su -- perficie aproximada de 180 hectáreas de cultivo del ejido de -- Yósti.

- En el momento en que llega la avenida del río Guanajuato a su confluencia con el río Lerma, si el escurrimiento de éste -- último no lo deja descargar libremente, las aguas se remansan -- desbordando el río Guanajuato por ambos márgenes, inundando -- aproximadamente 100 hectáreas de cultivo de los ejidos de Sta. Eulalia y Pueblo Nuevo.

3.2.6.2. Cuenca del río Silao

Inundación Leve.-

Con un gasto que fluctúa entre 100 y 150 m³/seg registrado en la estación Silao, comienzan los problemas de inundación produciéndose los daños siguientes:

- 3 kms. aguas arriba de la estación Silao, a la altura del poblado Monte de Coecillo, el río desborda sobre su margen derecha inundando con láminas de 0.20 a 0.30 mts, aproximadamente 50 hectáreas de cultivo, las cuales drenan rápidamente cuando la avenida es efímera.
- 50 mts. aguas abajo de la vía férrea Silao-León, del ejido de Franco, inundando una superficie de cultivo aproximada de 60 hectáreas y varias casas habitación de los ejidos de: Franco y Bustamantes, causando daños mínimos.
- Aproximadamente 8 kms. aguas abajo de la Cd. de Silao y en la margen derecha del río, se localiza el canal Maravillas, por el cual escurre un gasto considerable que no puede soportar él mismo, desbordando sobre su margen derecha, a la altura del poblado Unión de San Diego, drenando el agua hacia el puente del camino Romita - Maravilla, mismo que no tiene la suficiente capacidad para el paso de ésta, lo que provoca la inunda

ción con láminas de 0.20 y 0.30 mts. de una superficie de cultivo aproximada de 300 hectáreas de los ejidos Maravillas y -- Las Liebres; así como de algunas casas habitación de los mis -- mos poblados.

- A la altura del ejido de Unión de San Diego hacia la margen izquierda, el río Silao desborda en varios puntos, inundando -- con tirantes de 0.20 a 0.30 mts. una superficie de cultivo -- aproximada de 250 hectáreas, varias casas habitación del mismo ejido y ocasiona ligeros daños al camino Silao-Trejo.

Inundación Moderada.-

Por no contar con datos estadísticos suficientes para evaluar los efectos de una inundación de magnitud moderada, se han estimado los daños que pueden ocasionar gastos de este rango, to mando en consideración las capacidades por tramo que soporta el río y la topografía del terreno principalmente resultando lo -- siguiente:

- En el tramo ejido Emiliano Zapata - Estación río Silao, el río sufre pequeños desbordamientos en los puntos mas bajos, pro vocando la inundación con tirantes mínimos de la zona habitacional de los ejidos El Coecillo y Sta. Anita, además de inundar

la zona de cultivo de los mismos, en una superficie aproximada de 250 hectáreas.

- Aguas abajo de la estación hidrométrica Silao, entre el cruce de la vía férrea Silao-León y la carretera Silao-Romita, el río desborda por su margen derecha en varios puntos, afectando aproximadamente 150 hectáreas de cultivo del ejido Vetas de Franco.

- En el tramo comprendido entre la carretera Silao-Romita y el ejido de Medranos, el río desborda a ambos márgenes en los puntos mas bajos, inundando con láminas de 0.40 mts. una superficie aproximada de 700 hectáreas de cultivo y varias casas habitación de los ejidos: La Pila, Las Playas, San Juan de los Durán, San José de García y Medranos.

- A la altura del ejido de Medranos, parte del agua del río Silao, drena por el canal Maravillas, mismo que por su insuficiente capacidad desborda en su trayecto en varios puntos críticos de su margen izquierdo, aunado a la anterior la deficiente capacidad de las alcantarillas de la carretera Romita-Maravillas, traen como consecuencia la inundación con tirantes de 0.20 a 0.40 mts. de una superficie de cultivo aproximada de 400 hectáreas y varias casas habitación del ejido Maravillas,

drenando rápidamente el agua hacia el río Silao, a la altura del poblado de Trejo (Laguna Ancha), afectando a través de su recorrido aproximadamente 150 hectáreas de los ejidos de Las Liebres y Las Trojes.

- En el tramo comprendido de Medranos-Laguna Ancha, el río -- desborda hacia su margen izquierda, inundando con tirantes -- mínimos una superficie de cultivo aproximado de 50 hectáreas, además de varias casas habitación de los ejidos de: Unión de - Tres Mezquites, Unión de San Diego y Las Trojes.

- Entre el tramo comprendido de Laguna Ancha confluencia río de la LLave, el río Silao carece de cauce, por lo que desborda a ambos márgenes, inundando con láminas de hasta 0.60 mts., -- una superficie de cultivo aproximada de 700 hectáreas y varias casas de 14 zonas habitacionales de los ejidos de: San Agustín, San Lorenzo y casas aldeañas a los mismos.

Inundación Severa.-

Con un gasto mayor a $250 \text{ m}^3/\text{seg}$ registrado en la estación - - Silao, los efectos que se ocasionan son los siguientes:

- Aproximadamente 4 kms. aguas abajo de la presa de Chichimequillas, a la altura del poblado de Nápoles, el río Silao des-

borda en su margen derecha inundando con láminas de 0.30 a - - 0.50 mts. una superficie de cultivo aproximado de 340 hectáreas y varias casas habitación de los ejidos de: Nápoles, Providencia de Nápoles y San Carlos.

- Aproximadamente 1 km. aguas arriba de la Cd. de Silao, por la margen izquierda existe la probabilidad de que el río sufra una ruptura aproximada de 200 mts. y aunado a los desbordamientos del río aguas abajo, inunde la Cd. de Silao con tirantes de 0.60 y 1.40 mts., dependiendo de la magnitud de la avenida y el pico de la misma, ocasionando daños humanos y materiales de consideración.

- En el tramo comprendido entre el ejido de San Carlos y la carretera Sila-León, el río desborda en varios puntos de su margen derecha, inundando con tirantes de hasta 0.60 mts. una superficie de cultivo aproximada de 790 hectáreas de las comunidades de: La Presa, Emiliano Zapata, El Coecillo, Monte de Coecillo y Santa Anita.

- En el tramo comprendido entre la carretera Silao-León y el poblado de Medranos, el río desborda hacia su margen derecha, inundando con tirantes de hasta 1.0 mts. una superficie aproximada de 920 hectáreas de cultivo y decenas de casas habitación

de los ejidos de: Bustamentes, Franco, Vetas de Franco, Veta de Romales, La Perla, Lucero de Romales, Las Playas.

- En el tramo comprendido entre la Cd. de Silao y el poblado de Medranos, el río desborda por su margen izquierda en varios puntos críticos, inundando con tirantes promedio de 0.80 mts. una superficie de cultivo aproximada de 1540 hectáreas y decenas de casas habitación, pertenecientes a las comunidades de: Cerritos, San Cipriano, Los Alamos, La Soledad, El Mirador, El Carmen y San Diego el Grande.

- En el tramo comprendido entre Medranos y Laguna Ancha, el río desborda por ambas márgenes, inundando con tirantes promedio de 0.80 mts. una superficie de cultivo aproximada de 1075 hectáreas y un número considerable de casas habitación de las poblaciones de: Medranos, Unión de Tres Mezquites, Puerto Grande, San José de Rivera, Maravillas, San Pablo y Las Liebres -- principalmente.

- En el tramo comprendido entre Laguna Ancha y el Vaso Regulador la presa El Conejo II, por carecer de cauce el río, se inundan con tirantes de hasta 1.20 mts. aproximadamente 1183 hectáreas de cultivo y varias casas habitación de los ejidos de Mezquite Gordo, Santa Anita, Trejo, Sta. Bárbara, San Agustín,

Tejamanil y San Lorenzo.

3.2.6.3 Cuenca del río de la Llave

Actualmente, la cuenca del río de la Llave no cuenta con ninguna estación Hidrométrica a lo largo de su colector principal, por lo cual no se podrán establecer rangos definidos de inundación que en la misma se registran, por lo que para esta cuenca en especial se tendrá un único grado de inundación, en base a los efectos causados por inundación, en la última década, por escurrimientos originados por fuertes precipitaciones registradas en las estaciones climatológicas de la Sandía. El Hizache y Romita. En la actualidad, la infraestructura hidráulica ha cambiado con el reforzamiento de varios bordos y la ya casi -- terminada presa de control de avenidas de la Gavia.

En base a lo anteriormente descrito, al cauce indefinido del -- propio río y a la situación topográfica del terreno, al registrarse en la cuenca precipitaciones mayores de 50 mm. previa -- mente saturado el terreno, se presentan escurrimientos en el río que provocan los siguientes efectos:

- En el tramo comprendido de la presa San Antonio hasta la -- presa de la Gavia (en proceso de construcción), el río desborda

en varios puntos a lo largo de su colector, inundando con láminas de 0.20 a 0.60 mts. una superficie de 250 hectáreas de los ejidos de: Loma de Portillo, Valenciana de Gavia, Gavia de Rivas y Gavia de Rionda.

- En el tramo comprendido entre la presa de la Gavia y la presa de la Llave (cortina rota por las avenidas de 1973, y actualmente no reparada), debido a los desbordamientos del río por su margen izquierda y a las aguas broncas de una serie de arroyos que bajan por la margen derecha del mismo, se inunda una superficie de cultivo aproximada de 500 hectáreas, de los ejidos de: Bernabé Pérez, Cruz de Aguilar, Los Tres Pedregales, Los Angeles, El Guaricho, San Miguel y el Mármol.

- En el tramo franco presa de la Llave - confluencia río Silao, el cual carece de cauce definido, por lo que los escurrimientos del mismo, inundan una superficie de cultivo aproximada de 1300 hectáreas y varias casas habitación de los ejidos de: San Clemente, Santa Rosa de Rivas, Maritas, Tejamanil, y El Venado de San Lorenzo.

4. PROBLEMATICA DE INUNDACIONES

Las inundaciones en términos generales provocan una serie de daños de toda índole (humanos, económicos, morales), y dado -- que al ser causados por efectos climatológicos y aleatorios, -- es imposible el poder determinarlos a tiempo, por este motivo una inundación de hecho en la actualidad es algo inesperado.

Varios son los motivos que originan las inundaciones, entre -- los que se encuentran con mas frecuencia los siguientes: falta de capacidad del área hidráulica, exceso de azolves en los cauces, cauces no definidos, extracción irracional de materiales en las márgenes del río, falta de estructuras hidráulicas, -- etc.

En nuestro país, año con año, se tienen problemas de este tipo y según estadísticas se pierden directamente del orden de 1200 millones de pesos anuales; de los cuales el 70% aproximadamente corresponde al sector agropecuario, además tomando en cuenta un estudio hecho por el cuerpo de Ingenieros del Ejercito de Nueva Inglaterra en Estados Unidos, se comprobó que las -- pérdidas indirectas por problemas de inundación son del orden del 80% ó 90% de las directas, lo que para nuestro país representaría una pérdida promedio anual de 2300 millones de pesos.

4.1 Análisis de Inundaciones en el Estado

El estado de Guanajuato desde hace años padece inundaciones -- importantes; pero tal vez la ocasión que se ha presentado más crítica la situación fué en el año de 1973 en el mes de agosto, alcanzando el agua en algunas partes de la Cd. de Irapuato de 2 a 3 mts. de altura; debido a la ruptura de la presa El Conejo, aguas arriba de la mencionada ciudad.

Además, de las miles de hectáreas afectadas se tuvieron pérdidas importantes en diferentes sectores, siendo el desglose de estas de la siguiente manera:

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Sector comercial | \$577'604,476.00 |
| Sector industrial | \$228'826,389.00 |
| Sector habitacional | <u>\$512'805,000.00</u> |
| | \$1"319'235,865.00 |

A manera de información en este inciso se presentan las inundaciones ocurridas en el estado, así como sus efectos en el período comprendido de 1953 a 1977.

Guanajuato (3-IX-53) Fuertes precipitaciones fluviales originaron la ruptura de las presas San Fernando, Sacramento, Azucena, provocando inundaciones e interrumpiendo vías de comunicación (teléfonos, telégrafo, terrestres) en los municipios de León, San Diego de Alejandría y poblaciones aledañas.

Guanajuato (13-V-55) Fuerte granizada con tirantes hasta de 2.6 mts., originó la muerte de 200 reses en el pueblo de Neutla y el municipio de Comonfort.

Guanajuato (1-X-55) Rotura de las presas "Hidalgo y Gallineros" y desbordamiento del río Jalpa y arroyo Jalpilla, provocando inundaciones de 100 casas e interrumpiendo vías de comunicación en la Cd. de Comonfort y los municipios de Soria, San Miguel Allende y Dolores Hidalgo.

Guanajuato (27-VIII-56) Fuertes precipitaciones - fluviales originó una avenida extraordinaria en el río Lerma provocando la ruptura de un bordo y cuantiosas pérdidas materiales en los poblados de Panales, Cañones y San José del Carmen del Municipio de Pueblo Nuevo.

Guanajuato (11-12-IX-58) Desbordamiento del río - Lerma en la ciudad de Acámbaro y 8 poblados mas provocando -- inundación en la ciudad con tirantes hasta de 2 metros, 20,000 damnificados, más de 250 casas derrumbadas, vías de comunicación interrumpidas, pérdidas en la ganadería y agricultura, - se estima en \$ 25,000.000 las pérdidas en general.

Guanajuato (13-IX-58) Desbordamiento de la Laguna de Yuriria 1,500 damnificados en Yuriria.

Guanajuato (18-22-IX-58) Desbordamiento del río - Turbio en Abasolo y los ranchos Tamazula, La Galera y otros, provocando inundaciones en la ciudad y los ranchos, así como también en la ciudad de Cuernavaca y rancherías cercanas, y en pueblo nuevo se desbordó el río Lerma provocando inundación. En Salamanca y las rancherías San Rafael de Uruetaro, Altamirano, Nativitas, San Pedro y San Juan de las Allaz se desbordó el río Lerma y varias presas se rompieron provocando inundación de las 3/4 partes de la ciudad, 30% de casas derrumbadas, daños en carreteras y vías férreas y pérdidas en la agricultura.

Guanajuato (22-IX-58) Desbordamiento del río Silao y rompimiento de las presas La Galeana, La Franco y la Batea, provocando el derrumbe de 100 casas, daños a carreteras e -- inundación de 2000 has. de plantíos en los ejidos, colonia - Emiliano Zapata, El Caicillo, San Carlos y Trejo del municipio de Silao.

Guanajuato (19-VIII-60) Fuertes precipitaciones fluviales durante dos días provocaron deslaves en la vía del ferrocarril entre Empalme, Escobedo y San Miguel de Allende en el municipio de Comonfort.

Guanajuato (18-XI-61) Fuertes precipitaciones fluviales acompañadas de granizo con vientos huracanados provocaron el derrumbe de varias casas en el poblado de San Miguel - Allende.

Guanajuato (28-XI-62) Desbordamiento del arroyo de Neutla arrastrando 70 casas y provocando daños en el poblado - de Comonfort.

Guanajuato (17-VIII-67) Desbordamiento del río Lerma provocando daños de 5,600 has. sembradas de maíz en el Distrito de Riego # 11 (alto río Lerma).

Guanajuato (9-IX-67) Desbordamiento del río Guanajuato con saldo de 16,000 damnificados en Irapuato.

Guanajuato (29-IX-70) Desbordamiento de la presa - La Begoña provocando inundación y destrucción del terraplen de la vía ancha del ferrocarril en Escobedo, Comonfort.

Guanajuato (VI-VIII-71) Avenida extraordinaria en los ríos Silao, La Laja, Guanajuato, se inundaron 9,840 has. de cultivo en Silao y Guanajuato.

Guanajuato (IX-71) Desbordamiento de la presa Solís provocó la inundación de 2000 has. y se damnificó a 1000 personas en los ejidos de la carpa Teresa, Monte Prieto, Tenorio, Hda. nueva y las Trancas, ranchos Providencia y Fresno del municipio de Acámbaro.

Guanajuato (4-9-VII-73) Desbordamiento del río - Guanajuato a la altura de Yóstiro y Pueblo Nuevo.

Guanajuato (17-21-VIII-73) Ruptura de la presa el Conejo a la altura de la ciudad de Irapuato.

Guanajuato (13-16-VII-75) Desbordamiento de aguas remansadas en la confluencia de los ríos Guanajuato y Lerma, así como en la confluencia de los ríos Silao y Guanajuato, - inundando ejidos (P.N., Yóstiro, dos ríos y Venado).

Guanajuato (20-VII-75) Fuertes precipitaciones originaron escurrimientos extraordinarios en el río Guanajuato, - provocando socavación del Muro de salida de éste en la presa - derivadora La Garrida.

Guanajuato (11-VII-76) Fuertes precipitaciones - - (378.60 mm) acumuladas en 13 días (estación Guanajuato II) -- causaron la ruptura de la presa San Germán (operada por particulares) y de los bordos del río Turbio a la altura de San - - Francisco del Rincón.

Guanajuato (12-VII-76) Fuertes precipitaciones - - (355.8mm) acumuladas en 11 días provocaron avenidas extraordinarias del río Guanajuato la cual no pudo ser controlada por la presa derivadora la Garrida, causando ruptura en los bordos laterales por donde desbordó, también el canal Tepalcates su - - frió ruptura y desbordamientos, a la altura de Irapuato.

Guanajuato (12-VII-76) Fuertes precipitaciones -- (390 mm) acumuladas en 6 días, provocaron la avenida extraordinaria del río Silao, la cual no fué controlada por la presa --

Chichimequillas teniendo que desfogar, extendiéndose las aguas sin ningún control hasta la carretera Silao-Léon, destrozando 300 mts. de bordo de la margen izquierda del río, por donde entraron las aguas a la ciudad, y por la margen derecha trozó el puente de la colonia Los Angeles, escurriendo las aguas por los ejidos de los municipios de Silao, Romita, Irapuato y Pueblo - Nuevo.

Guanajuato (17-I-77) Desfogue extraordinario de la presa San Antonio, provocando el aumento del embalse a un nivel inferior al que soporta el borde de la Sardina, desbordándose y inundando a sus alrededores.

Guanajuato (3-IX-77) Fuertes precipitaciones (182mm) acumuladas en 3 días provocaron una avenida extraordinaria el día 2 en la estación "Américas" con un gasto de 338 m³/seg, -- sobre el río Guanajuato y el día 3 en la derivadora "La Garri-da" con un gasto de 195 m³/seg, también sobre el río Guanajuato, ocasionando socavaciones y 3 rupturas en la margen izquierda del río Silao, inundando con tirantes aproximados de 50 cms.

4.2 Organismos y Mecánica de ayuda a la población

En la ayuda brindada a la población civil por una situación de emergencia se encuentran involucradas varias Secretarías, Organismos e Instituciones; cada una de las cuales aporta lo relacionado a su ramo.

Entre los organismos federales y privados se cuenta con los siguientes: S.A.R.H., S.A.H.O.P., Secretaría de Gobernación, Secretaría de la Defensa, Conasupo, I.M.S.S., I.S.S.S.T.E., S.S.A., C.F.E., D.I.F., Gobiernos Estatales, Cruz Roja, - -

estaciones de radio, televisión, periódicos, radio aficionados y voluntarios.

El mecanismo de ayuda parte de un plan de coordinación, que es tá formado por autoridades federales, estatales, militares y - técnicos. La decisión a un determinado problema se da en base a las recomendaciones técnicas; pero sin olvidar el aspecto so cial y humanitario, pues en ocasiones la decisión técnica - es buena, pero socialmente afecta a una o varias comunidades, principalmente en el aspecto económico.

Por lo que respecta a la Secretaría de la Defensa es la parte ejecutora directa de la ayuda; pues ésta a pesar de que cuenta con personal y equipo para ello, tiene institucionalizado un - plan llamado D.N.-III-E. el cual es aplicado en cualquier si - tuación de emergencia que afecta a la población civil.

Es importante mencionar que dada la magnitud y frecuencia de - inundaciones en la Cd. de Irapuato, desde el año de 1974, se ha organizado un grupo de auxilio llamado "Plan Irapuato", dicho - grupo es de caracter privado y en la actualidad cuenta con bas- tantes medios y buena organización para entrar en auxilio junto con los organismos y Secretarías antes mencionadas.

El pronóstico y alerta a la población civil en situación de --

emergencia por inundación en la Cuenca Guanajuato-Silao, se realiza en base a las siguientes actividades:

Tomando en consideración la mecánica de inundación de la cuenca en estudio, la división hidrométrica del Alto Río Lerma, el Distrito de Riego #11 y la Residencia de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica de la S.A.R.H., realizan el análisis y proceso de la información hidrometereológica y de lo concerniente al comportamiento de bordos y obras hidráulicas durante la evolución de los escurrimientos, con el fin de detectar una situación de emergencia por inundación, la cual se inicia cuando se registra un gasto de $300 \text{ m}^3/\text{seg}$ en la estación Américas; a partir de este gasto se aceleran las actividades propias de una emergencia y tomando en consideración las condiciones metereológicas que prevalezcan sobre la Sierra de Guanajuato, así como los pronósticos sobre las mismas, el comportamiento de obras y estructuras de control y el aumento paulatino de el gasto que escurre por el río, cuando se registre un gasto de $400 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Américas y que tienda a incrementar se, a través del representante general se alerta al Presidente Ejecutivo del grupo de Auxilio de Zona, para poner en práctica el plan D.N.-III-E., en el estado de Guanajuato, en el cual se establece que a órdenes del presidente del grupo de --

auxilio de zona, el centro de control y difusión de información (coordinadores generales: Jefe de la 16a zona militar y Director de Prensa en el Estado), difundirán la alarma a la población civil de las localidades que serán afectadas por el -- fenómeno en cuestión, empleando toda clase de medidas de difusión disponibles (figura 6).

El centro de control y difusión de información del plan D.N.- III-E., en el Estado de Guanajuato se encuentra integrado por: radiodifusoras, estaciones de televisión, Operadora de Teatros, periódicos y revistas estatales; los cuales empleando sus me - dios disponibles realizan las siguientes actividades:

- 1) Llevan a cabo una labor de orientación a la población, a -- fin de instruirla en la conducta que debe seguir cuando se pre - senten fenómenos atmosféricos que amenacen su existencia y sus pertenencias.
- 2) Señalarán las áreas amenazadas, previniendo a sus habitantes sobre la conducta que deben seguir al ponerse en práctica el - plan de auxilio.
- 3) Exhortarán a la población a que sigan los lineamientos que se establezcan, con el objeto de facilitar las tareas de los --

agrupamientos.

4) Difundirán la conducta que deben seguir durante su traslado a los albergues.

5) Exhortarán en relación al orden que deben guardar dentro de los albergues

En lo que toca a los centros de operación estos son los puntos donde se originan y coordinan las actividades preventivas y de auxilio correspondientes a sus áreas de influencia; para la -- cuenca del río Guanajuato-Silao, se han establecido tres cen - tros de operación: La Garrida (Irapuato), Silao y Romita.

Para determinar la ubicación de los tres centros de operación se tomaron en consideración: área exenta de inundaciones, vías de acceso a los mismos, funcionalidad dentro de sus respecti - vas áreas de influencia, así como experiencias obtenidas en - emergencias pasadas.

Entre el equipo básico con que deben de contar están los sig - guientes: teléfono, radio, altavoz, camionetas pick-up, camio - nes de volteo, y de estacas, compactadores lisos y pata de ca - bra, cargadores frontales, tractores, retroexcavadoras, dragas compresoras de aire, lanchas de motor y barcasas, motoconforma

doras, motoescrapas y plantas eléctricas.

Las diferentes áreas de influencia de cada centro de operaciones serán las siguientes:

a) La Garrida (Irapuato)

El encargado de este centro de operación será el jefe del distrito agropecuario de riego número 11; estará ubicado en la derivadora "La Garrida", sobre el bordo de la margen derecha - del río Guanajuato y su área de influencia será principalmente el colector río Guanajuato, canal Tepalcates y río Silao de la presa El Conejo II, hasta su confluencia con el río Guanajuato.

b) Silao

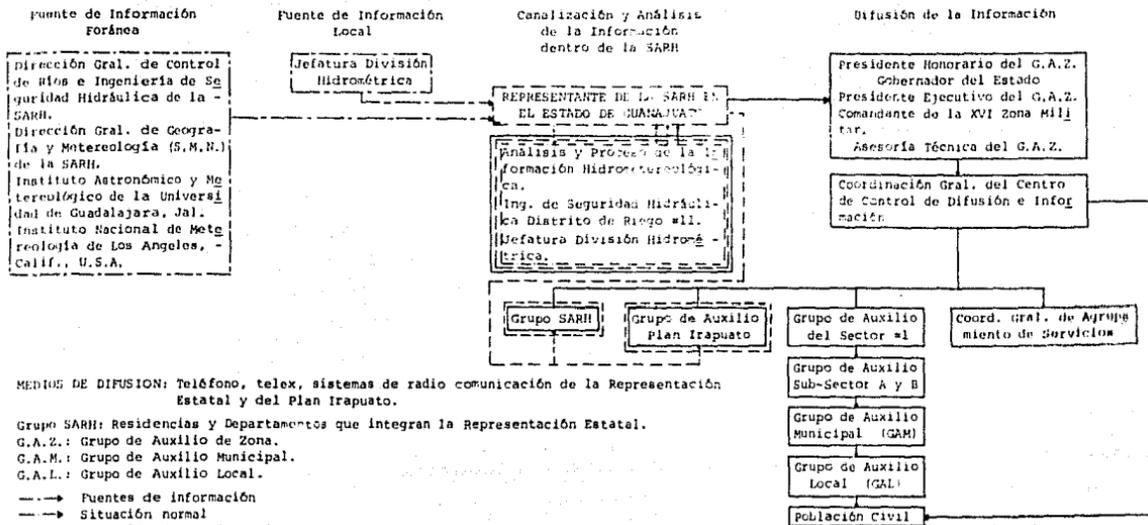
El encargado de este centro será el Residente General de Construcción; estará ubicado en el cruce de la carretera Silao - León, hacia la margen derecha del río Silao y su área de influencia será a lo largo del colector del río Silao, desde la presa Chichimequillas, hasta la presa El Conejo II.

c) Romita

El encargado de este centro de operación será el residente de

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS
 REPRESENTACIÓN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO
 RESIDENCIA DE INGENIERÍA DE SEGURIDAD HIDRÁULICA

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROMOSIÓN Y ALERTA A LA POBLACION CIVIL
 EN SITUACION DE EMERGENCIA POR INUNDACION EN LA CUENCA DEL RIO GUANAJUATO-SILAO



MEDIOS DE DIFUSION: Teléfono, telex, sistemas de radio comunicación de la Representación Estatal y del Plan Irapuato.

Grupo SARH: Residencias y Departamentos que integran la Representación Estatal.
 G.A.Z.: Grupo de Auxilio de Zona.
 G.A.M.: Grupo de Auxilio Municipal.
 G.A.L.: Grupo de Auxilio Local.

---> Fuentes de información
 ---> Situación normal
 ---> Situación de contingencia
 ---> Situación de emergencia

construcción de la presa La Gavia; estará ubicado en la oficina de la misma, en la Cd. de Romita y su área de influencia -- será a lo largo del colector del río "De la Llave".

Los centros de operación estarán a su vez apoyados por sub-centros de operaciones; estos se ubicarán en sitios estratégicos de acuerdo a las características de la región, y serán tantos como sean necesarios.

Estos sub-centros servirán de apoyo informativo de la situación prevaleciente a los centros de operaciones dentro de su área de influencia, y todas las actividades que realicen, estarán coordinadas con dichos centros.

El equipo con el que deben contar estos sub-centros es el siguiente: radio, teléfono, altavoces y camionetas. Las unidades que integran la organización distribuirán sus elementos entre los centros y sub-centros, en relación a sus necesidades, desarrollo del fenómeno y características de la zona.

4.3 Evolución del Problema

El plan de operaciones en emergencias para la cuenca de los ríos Guanajuato-Silao, tiene como objetivo, incrementar la eficiencia en la aplicación de los medios con que se cuenta, para

prevenir y minimizar los daños que pueden ser ocasionados por el desbordamiento de las corrientes; este plan se desarrollará de acuerdo a la evolución del fenómeno; pudiéndose diferenciar tres etapas; dentro de las cuales se les dará importancia a diferentes puntos, estas son: expectativa, conflictiva y reorganizativa.

4.3.1 Etapa Espectativa

Esta etapa al igual que las otras dos, se presentarán por medio de actividades específicas a desarrollar.

Esta se inicia cuando en base a la atención de las condiciones atmosféricas prevalecientes en el país, se detecta algún fenómeno Hidrometereológico de importancia tal que pudiera generar un problema de inundación. Se analizan las condiciones metereológicas e hidrometereológicas en la zona de posible afectación. En función de este análisis se conocen datos cuantitativos que nos permiten establecer el pronóstico correspondiente y definir una situación de emergencia por inundación. La coordinación con los integrantes del plan se realizará desde esta etapa, con el objeto de mantenerlos informados acerca del desarrollo de la situación.

Las actividades específicas a desarrollar dentro de esta etapa son: información orográfica e hidrometeorológica, información de la zona afectada, coordinación con dependencias y personal para emergencias, cálculos hidrológicos y decisiones técnicas.

a) Información orográfica e hidrometeorológica

Es conveniente contar con este tipo de información, pues en un momento dado se tiene la topografía del lugar, y como consecuencia se conocerán las zonas altas y bajas.

En lo que respecta a la hidrometeorología podremos conocer el volumen de aforos en puntos críticos y además nos proporciona datos de precipitación y comportamiento del ambiente, así como pronósticos de huracanes, ciclones y en general tiempo severo, que en última instancia éstos casi siempre traen consigo fuertes precipitaciones, y estas a la vez originan las inundaciones.

b) Información de la zona afectada

En este punto es conveniente tener un inventario de el lugar, en el cual aparezcan: zona posiblemente afectada, poblaciones, número de habitantes, potencial económico, recursos disponibles, comunicaciones, obras de infraestructura y actividades --

importantes en prioridad (agrícolas, ganaderas, industriales, etc.) para que en función de esta información se de la solución mas aceptable.

c) Coordinación con dependencias y personal para emergencias

Con relación a esto, es muy importante contar con una retroalimentación de información, dicha información deberá de transmitirse a las dependencias y personas que intervendrán en el problema; para que estas reúnan lo necesario y se incorporen al plan. Es lógico que mientras mas veráz y rápida sea la información se podrá coordinar mejor y se llegará a la solución mas adecuada.

d) Cálculos hidrológicos y decisiones técnicas

Esta es la parte que técnicamente es mas importante, pues en función de ella se tomará la decisión; dentro de esta se deberá contar con estudios y datos hidrológicos tales como: altura de precipitación media en la zona, período de retorno de la avenida máxima, precipitación máxima probable, tránsito de la avenida máxima en la historia de los datos, curvas elevaciones - gastos en las obras hidráulicas (presas, bordos, ataguías). Todos estos datos y estudios los deberá tener cada centro

de operación, y deberán tener un criterio definido; para que si en las estaciones aforadoras se tiene un gasto crítico, ya se tenga la solución teórica; esta podría ser: abrir compuertas, subir bordos, reforzarlos, romperlos, esperar la avenida, dejar inundarse zonas improductivas, etc.

Es importante recalcar que la alternativa que se tome, deberá darla personal técnicamente capacitado para ello.

4.3.2 Etapa conflictiva

La etapa conflictiva se inicia después de emitir el alteramiento, aquí se realizarán todas las actividades de emergencia que sea necesario ejecutar, de acuerdo a la situación prevaleciente.

a) Realización de la decisión

En este punto dado que se está viviendo el problema; lo que hay que hacer, es ver en el campo qué realmente se lleve a cabo lo que se decidió hacer en el gabinete, y de no ser así, -- tratar que se realice lo previsto, y a la vez seguir coordinando todas las operaciones de emergencia como son: protección, -- salvamento, reconstrucción, etc.

b) Información en la emergencia

Esta información no solo se debe tener antes de el desastre, - sino tambien en este período, pues es posible que la precipita ción y las avenidas se sigan presentando en ese tiempo, lo - - cual nos podrá variar la rutina a seguir, o bien solo continuar con lo previsto anteriormente. Esta información debe ser rápi da y precisa, comunicándola por radio o teléfono a los centros de operación, lugares donde habrá personal suficiente para re- cabar información y en su caso actuar inmediatamente.

4.3.3 Etapa reorganizativa

Esta etapa es la culminación de la evolución del problema y -- sus diferentes actividades son las siguientes: fin de auxilio a la población civil, evaluación en campo y actualización -- hidrológica.

a) Fin de auxilio a la población civil

En este punto la actividad es seguir auxiliando a la pobla -- ción físicamente; entendiendo por esto el rescatar lo que que- da, además de seguir proporcionando alimentos, viviendas, cobi -- jas, medicinas, etc.; mientras se incorpora la población de -- nuevo a sus actividades.

b) Evaluación en campo

Este factor es de suma importancia, pues nos determinará las pérdidas de todo tipo; y a la vez nos dará un criterio de juicio para desarrollar la reorganización de la zona, la cual puede ser construcción o reconstrucción de obras materiales -- tales como poblados, carreteras, obras hidráulicas, etc. En esta evaluación se debe ser lo mas cuidadoso y preciso que se pueda, con el fin de estudiar más a fondo en gabinete, y comparar las determinaciones que se tomaron en el problema con el monto de pérdidas, tanto humanas como materiales; y si se llega a la conclusión que no se resolvió o se ayudó poco a la zona afectada, se modificarán las acciones y se prepararán planes mas actualizados y mas apegados a la realidad que se vivió.

c) Actualización hidrológica

Este último inciso es con relación a la actualización de los estudios hidrológicos; dado que acaba de pasar una inundación se podrá tener al final de la evaluación datos importantes de precipitación-escurrimiento en la zona, los cuales al originar el desastre se consideraron gastos máximos; y como consecuencia modificarán los estudios hidrológicos. Dichos estudios son los que se hizo referencia en el punto d) de la etapa expectativa.

5. ESTRUCTURAS Y OBRAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES

Una estructura u obra de protección, es toda aquella construcción que su función primordial es contener o aminorar los efectos del agua; cuando esta se presenta en forma violenta y de improviso, además que en grandes cantidades.

Entre la diversa gama de obras de protección que existen, están las presas, que según su uso pueden ser de control de avenidas, almacenamiento, derivadores, riego, abastecimiento de agua potable o generación de energía. Es común que una estructura de este tipo sirva para uno o varios fines de los antes mencionados. Estas cuentan con cortina, obra de toma, obra de excedencias, obras complementarias, y en su caso desarenador o estructura de limpia y casa de máquinas.

Las presas pueden considerarse como una de las obras más efectivas para el control de inundaciones; pero dado su alto costo y los estudios detallados que requieren para su proyecto y construcción, en nuestro país aún no se cuenta con un complejo hidráulico suficiente de este tipo.

Otra clase de estructuras que protegen contra inundaciones son los bordos perimetrales, bordos fusibles, y cauces de alivio.

De menor importancia, pero que también ayudan a este problema se tienen: la rectificación de cauces, dragado de los mismos, colocación de espigones y gabiones, incrementación de altura de bordos, rehabilitación de áreas inundables y en zonas urbanas canalización de las corrientes.

La determinación de una u otra obra dependerá de diversos factores como: estudio específico del problema, disponibilidad económica, gravedad del daño provocado por la inundación y grado de protección que se desee.

5.1 Obras Hidráulicas Existentes

En la cuenca del río Guanajuato-Silao, salvo las presas que se encuentran en proceso de construcción (La Gavia y La Purísima), La derivadora La Garrido es la única estructura de control que se puede operar a través de sus compuertas: esta presa se encuentra sobre el río Guanajuato, al norte de la Cd. de Irapuato, aproximadamente a 5 km. tiene una cortina de contrafuertes con una altura máxima de 4.0 m y una longitud de corona de 30.0 m, su obra vertedora la componen siete compuertas radiales: 3 compuertas de 3.50 x 2.0 m, por donde se derivan las aguas al canal Tepalcates, el cual descarga su caudal en el

río Silao 300 m., aguas abajo de la presa de control de avenidas El Conejo; y 4 compuertas de 4.0 x 2.0 m. por donde escurren las aguas hacia el cauce del mismo río Guanajuato.

Esta presa puede derivar un gasto hasta de 260 m³/seg de los cuales 160 m³/seg por el río Guanajuato, y 100 m³/seg por el canal Tepalcates, con una abertura máxima de las compuertas de 2.0 m.

La operación de esta derivadora esta a cargo de la Jefatura -- del Distrito de Riego # 11, quien ejecuta la misma, tomando en consideración las condiciones hidrometereológicas que prevalecen en la cuenca, principalmente en la Sierra de Guanajuato, - las cuales son registradas y reportadas por las estaciones hidrométricas Chapin y América y climatológicas Valenciana, Sta. Rosa, Guanajuato y Aldama.

La operación de esta presa, se lleva a cabo de la siguiente manera:

Generalmente las compuertas que derivan hacia el río Guanajuato permanecen abiertas, escurriendo por ahí los gastos pequeños que se presenten antes, al inicio y después de la temporada de lluvias; cuando se presenta un gasto de consideración 100 m³/seg. en la estación Américas, aunado a precipitaciones

continuas sobre la sierra de Guanajuato y sobre la cuenca del arroyo el Zarco o Zauz (afluente del río Guanajuato) del orden de 40 mm. durante varios días consecutivos y tomando en cuenta el tiempo de traslado, se abren las compuertas de la derivadora hasta 1.35 m., las del Canal Tepalcates y 1.20 m. las del río Guanajuato, por donde se derivan satisfactoriamente gastos de 52 y 84 m³/seg respectivamente, los cuales escurren sin ocasionar ningún problema.

Las compuertas de la presa como se mencionó anteriormente, pueden derivar gastos mayores, pero se operan a las aberturas citadas, en base a las experiencias obtenidas en avenidas, presentadas en años anteriores, con el objeto de no sobrecargar el cauce del río Guanajuato, para no poner en peligro la estabilidad del bordo de protección de la Cd. de Irapuato; no obstante, aguas abajo de la Garrida, por el cauce del río Guanajuato, pueden escurrir gastos hasta de 165 m³/seg pero existiendo el peligro antes mencionado.

Por lo que respecta al canal Tepalcates, por este pueden circular 60 m³/seg sin riesgo alguno, y 80 m³/seg con ciertos riesgos de pequeños desbordamientos, socavaciones y deslaves en el tramo Garrida-Canal Ardillas. En forma gráfica se presenta la

operación de la derivadora "La Garrida" (fig. 7).

Dentro de la cuenca se encuentran aparte de la derivadora mencionada las siguientes presas: La Purísima, Chichimequillas, La Gavia y el Conejo II. (Figura 8)

Las características principales y la operación de cada una de estas son las siguientes:

a) La Purísima.- Es de control de avenidas y almacenamiento con capacidad total del vaso de 196 Mm^3 respecto a su operación funcionará con tres compuertas radiales con pantalla de $3.50 \times 4.50 \text{ m}$. con una capacidad máxima de descarga del vertedor de $467.0 \text{ m}^3/\text{seg}$. El gasto de control de avenidas ordinario entre elevaciones 1852.0 y 1853.0 m es $50 \text{ m}^3/\text{seg}$. el gasto de control de avenidas extraordinario entre elevaciones -- 1853.0 y 1855.0 m . es $75.0 \text{ m}^3/\text{seg}$, el gasto de control de avenidas máxima probable entre elevaciones 1855.0 y 1860.7 m . es de $100 \text{ m}^3/\text{seg}$ siendo la elevación de la corona de 1863.0 - m. s. n. m.

b) Chichimequillas.- Es de control de avenidas con capacidad total de 16.43 Mm^3 estando el nivel de aguas máximas extraordinarias a $1773.34 \text{ m. s. n. m.}$

OPERACION DE LA DERIVADORA "LA GARRIDA"

| Q. de llegada a la derivadora (m ³ /seg) | RIO GUANAJUATO | | | | | CANAL TEPALCATES | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------|---|---|--|--|--------------|---|---|--|
| | 4 Compuertas Radiales de 4 X 2 Mts. | | | | | 3 Compuertas Radiales de 3.50 X 2 Mts. | | | | |
| | Gasto (m ³ /seg) | Abertura (m) | Q. vertiendo sobre compuertas (m ³ /seg) | Capacidad del cauce aguas abajo (m ³ /seg) | Consecuencias | Gasto (m ³ /seg) | Abertura (m) | Q. vertiendo sobre compuertas (m ³ /seg) | Capacidad del cauce aguas abajo (m ³ /seg) | Consecuencias |
| 136 | 84 | 1.20 | 0 | 165 | Ninguna | 52 | 1.35 | 0 | * 80 Hasta el Canal Ardillas | Ninguna |
| 160 | 100 | 1.20 | 16 | 165 | Ninguna | 60 | 1.35 | 8 | * 80 Hasta el Canal Ardillas | Ninguna |
| 200 | 130 | 1.20 | 46 | 165 | Existe la posibilidad de que se presenten pequeños desbordamientos aguas abajo de Tamelopitos. | 70 | 1.35 | 18 | * 80 Hasta el Canal Ardillas | Existe posibilidad de socavaciones. |
| 240 | 160 | 1.20 | 76 | 165 | Aumenta considerablemente la posibilidad de desbordamientos aguas abajo de Tamelopitos. | 80 | 1.35 | 28 | * 80 Hasta el Canal Ardillas | Aumenta considerablemente la posibilidad de socavaciones, pequeños desbordamientos y deslaves. |

* Después del Canal Ardillas la capacidad del Canal Tepalcates es 100 m³/seg.

Su operación está formada por un vertedor libre con capacidad máxima de desfogue de $204 \text{ m}^3/\text{seg}$ y una obra de desague de fondo con capacidad máxima de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$.

c) La Gavia.- Es de control de avenidas, con capacidad total de 150.0 Mm^3 con un gasto máximo de obra de desague de $250 \text{ m}^3/\text{seg}$. En relación a su operación consta de tres compuertas radiales con pantalla de $3.50 \times 3.50 \text{ m}$ y un vertedor con capacidad de $100 \text{ m}^3/\text{seg}$.

d) El Conejo II.- Es de control de avenidas con capacidad máxima del Vaso de 67.5 Mm^3 y elevación de la cortina de 1758.0 m.s.n.m. estando la cresta vertedora a 1752.0 m.s.n.m. Su vertedor opera libremente con un desfogue máximo de $225 \text{ m}^3/\text{seg}$.

En la fig. 9 se presentan la ubicación de estas estructuras y la capacidad de sus cauces aguas abajo.

RELACION DE OBRAS HIDRAULICAS EN LA CUENCA "GUANAJUATO-SILAO"

| Nombre de la Presa | Corriente Captada | Localización | | Municipio | Organo Constructor | Año Terminación de la obra | Capacidad Total | Uso (s) |
|--------------------|-------------------|--------------|---------|------------|--------------------|----------------------------|------------------------|---------|
| | | Lat. | Long. | | | | | |
| La Purísima* | Río Gto. | 20°52' | 101°16' | Guanajuato | S.A.R.H. | 1979 | 196.00 Mm ³ | C.A.R. |
| Chichimequillas | Río Silao | 21°04' | 101°27' | Silao | S.A.R.H. | 1974 | 16.43 " | C.A. |
| La Gavia* | Río de la Llave | 20°50' | 101°36' | Romita | S.A.R.H. | 1979 | 150.58 " | C.A. |
| El Conejo II | Río de la Llave | 20°44' | 101°25' | Irapuato | S.A.R.H. | 1975 | 67.50 " | C.A. |
| La Garrida** | Río Gto. | 20°44' | 101°22' | Irapuato | S.A.R.H. | - | - | C.A. |

* En construcción

** Derivadora

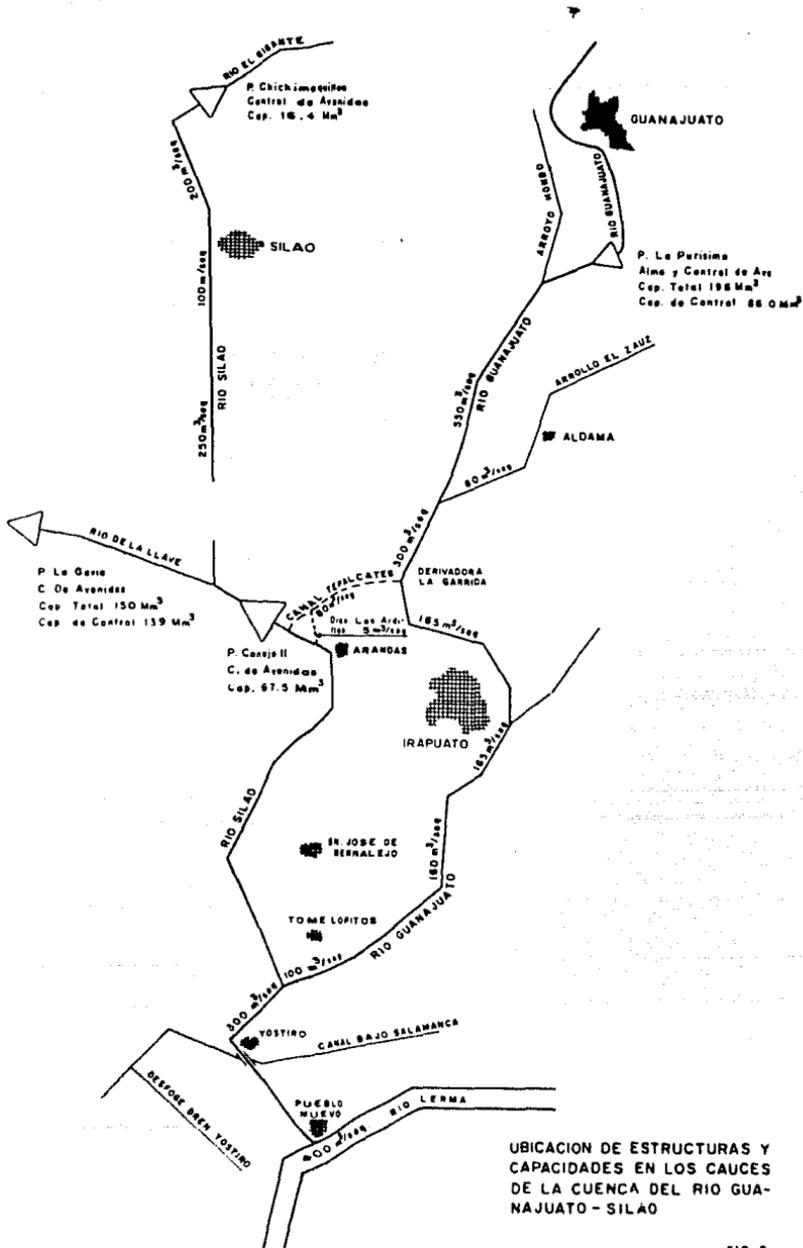
A.A.P. Abastecimiento de Agua Potable

C.A. Control de Avenidas

R. Riego

Además se cuenta con 135 pequeños vasos de Almacenamiento cuyas capacidades varían de 0.036 Mm³ a 5.600 Mm³.

Figura 8



UBICACION DE ESTRUCTURAS Y CAPACIDADES EN LOS CAUCES DE LA CUENCA DEL RIO GUANAJUATO - SILAO

6 CONCLUSIONES

Los planes encaminados a resolver los problemas de inundaciones en nuestro país, apenas empiezan a desarrollarse; y dado que son estudios de muchos años y muy costosos, van incrementándose lentamente, pues carecemos de estadísticas hidrometeorológicas de muchos años atrás, lo cual al emprender los estudios hace que se saque un estándar de los datos existentes; -- esto es palpable si se ve el déficit de estaciones, pues en el año de 1975 la densidad de la red climatológica era escasa en un 44% de el área del país, y respecto a las estaciones hidrométricas se carecía en un 60% de la misma área; y dado que en ese año había 3,264 y 1,397 estaciones climatológicas e hidrométricas respectivamente, quiere decir que hay un déficit del orden de 1,437 en estaciones climatológicas y de 839 en estaciones hidrométricas.

Es muy importante contar también con seccionamientos a distancias razonables en los cauces, pues a la fecha no se tienen, salvo raras excepciones; lo que implica desconocimiento de el área hidráulica real y como consecuencia resultará un tránsito de avenidas muy aproximado, que en ocasiones es mejor realizarlo en base a observaciones, como es el caso de este trabajo.

La concientización a la población de los riesgos ocasionados por una inundación, es algo que hasta ahora empieza a hacerse; pues con frecuencia la gente no valora estos riesgos y se niegan a evacuar el lugar, lo que trae como consecuencia pérdidas humanas.

En base a el análisis de este trabajo se concluye que: en la cuenca Guanajuato-Silao con la construcción de las presas La Gavia y La Purísima, se resuelve total o en gran parte el problema; pues las dos obras están diseñadas para controlar avenidas del orden del 93% y 44% de su capacidad total de almacenamiento, lo que representa una capacidad para control de avenidas de 139 Mm^3 y 86 Mm^3 respectivamente. Además los cauces -- aguas abajo tienen suficiente capacidad, pues la descarga del vertedor de la Purísima es de $467 \text{ m}^3/\text{seg}$ y la capacidad del -- cauce aguas abajo es de $550 \text{ m}^3/\text{seg}$. Por otra parte aunque -- aguas abajo de La Gavia sea menor la capacidad del cauce, se encuentra la presa El Conejo II diseñada también para controlar avenidas; por lo que estas dos presas podrán trabajar en conjunto.

Es importante recalcar que para tener un plan específico a cada problema de desbordamiento de ríos, se requerirán grandes in -

versiones en obras hidráulicas y muchos años de trabajo; pues dada la situación geográfica y el área extensa del país. Se necesitan programas a largo plazo, dando prioridad a los colectores generales de mayor importancia.

BIBLIOGRAFIA

Escurrimiento en Cuencas Grandes.- Rolando Springall G.-
Instituto de Ingeniería (U.N.A.M.).- Septiembre, 1967

Open - Channel Hydraulics.- Ven Te Chow.- University of
Illinois.- Mc Graw - Hill Book Company (1959)

Hidrología (Primera Parte).- Rolando Springall G.- Institu
to de Ingeniería (U.N.A.M.).- Abril, 1970

Obras Hidráulicas.- Francisco Torres H.- Facultad de Inge
nería (U.N.A.M.).- 1975

Problemática de Inundaciones en el Estado de Guanajuato.-
S.A.R.H.- Representación en el Estado de Guanajuato.- Ju
nio, 1978

Análisis Estadístico y Probabilístico de Datos Hidrológi
cos.- Rolando Springall G.- Facultad de Ingeniería - -
(U.N.A.M.)

Ingeniería de Ríos y Costos (Primera Parte).- Jaime E. --
Camargo.- Facultad de Ingeniería (U.N.A.M.).- 1976

Elementos de Escurrimiento Superficial.- Felix Rodríguez
Toriz.- S.R.H. Memorandum Técnico #330.- Junio, 1974

Control de Avenidas.- Centro de Educación Continua (D.E.S.F.

I.) (U.N.A.M.).- Septiembre, 1978

Boletín Hidrológico #51 (Tomo III).- S.R.H. Dirección de
Hidrología

Natural Disaster Activities; Supplements A, B and C.- -

U.S. Army Engineer District, Los Angeles, USA.- 1975

101° 10'

101° 20'



20° 55'

21° 00'

20° 45'

20° 45'

RIO GUANAJUATO 0 375-450m
RIO SILAO 0 150-250m

NOBRENTURATURA

- AREA INUNDADA
- PUNTOS CRITICOS
- OBRAS DE REFORZAMIENTO
- BORDOS FUERTES
- BORDOS DE PROTECCION
- DIOS Y PRESAS
- ENTRIO DE INUNDACION
- ESTACION HIDROMETRICA
- BARRIALES

| | |
|----------------------------------|---|
| UNAM | |
| FACULTAD DE INGENIERIA | |
| TESIS PROFESIONAL | |
| OSCAR ARMANDO VAZQUEZ DE LA ROSA | |
| INUNDACION MODERADA | |
| 1960 | 3 |

101° 40'

101° 20'

México, D.F. - JUNIO DE 1960

