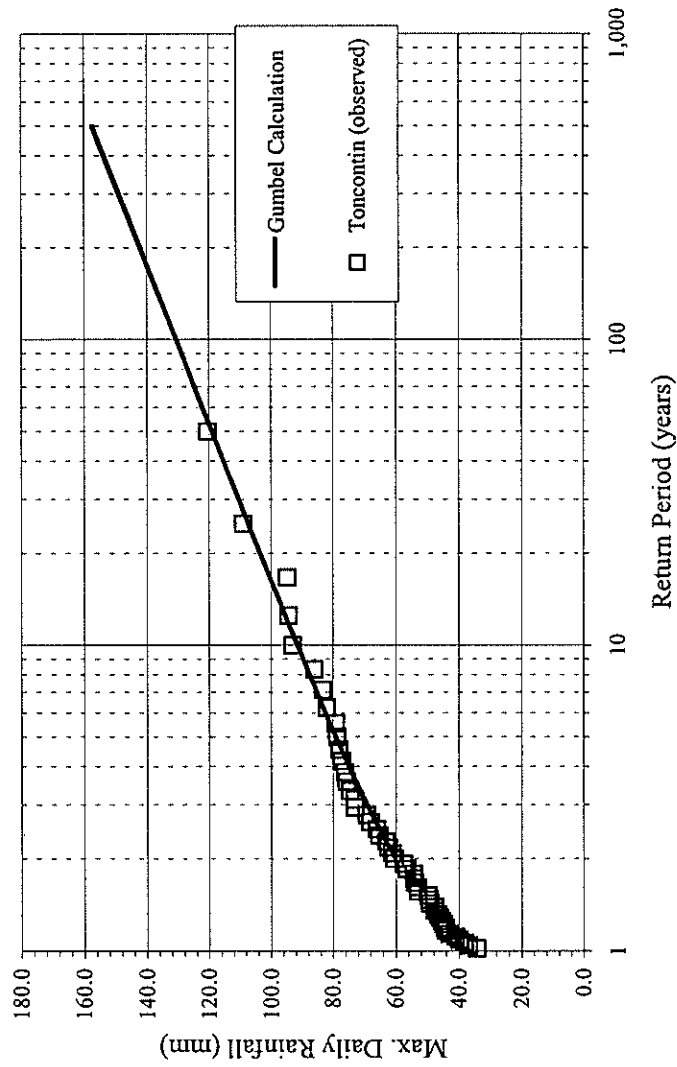


**Maximum 1-Day Rainfall and Return Period at Toncontin Station
(Data from 1951 to 1999)**

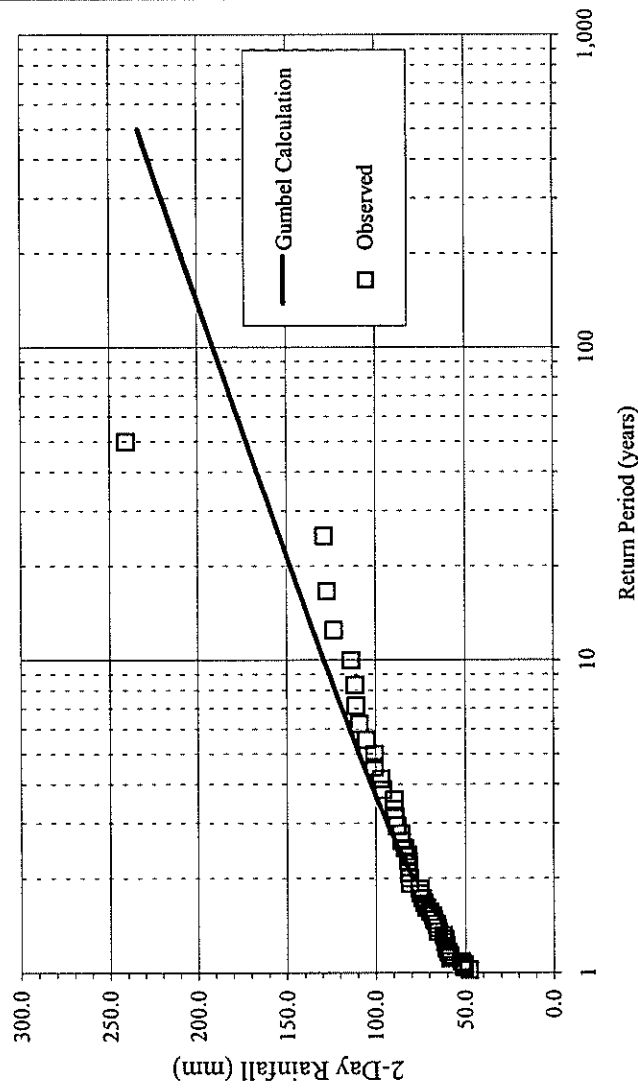


Return Period (yr)	Daily Rainfall (mm)
500	157.5
400	153.7
300	149.0
250	145.9
200	142.2
150	137.4
100	130.6
80	126.9
60	122.1
50	119.0
40	115.2
30	110.4
25	107.3
20	103.5
15	98.6
10	91.5
9	89.7
8	87.6
7	85.2
6	82.4
5	79.0
4	74.8
3	69.1
2	60.2

Figura C.2.2 (1)

Precipitación Máxima de 1-Día y Período de Retorno en la Estación Toncontin

Maximum 2-Day Rainfall and Return Period at Toncontin Station
(Data from 1951 to 1999)



Return Period (year)	2-Day Rainfall (mm)
500	233
400	227
300	220
250	215
200	209
150	202
100	191
80	185
60	177
50	172
40	167
30	159
25	154
20	148
15	140
10	129
9	126
8	123
7	119
6	115
5	109
4	103
3	93
2	79

Figura C.2.2 (2)

Precipitación Máxima para 2-Días y Período de Retorno en la Estación Toncontin

Rainfall and Simulated Hydrograph during the Hurricane Mitch

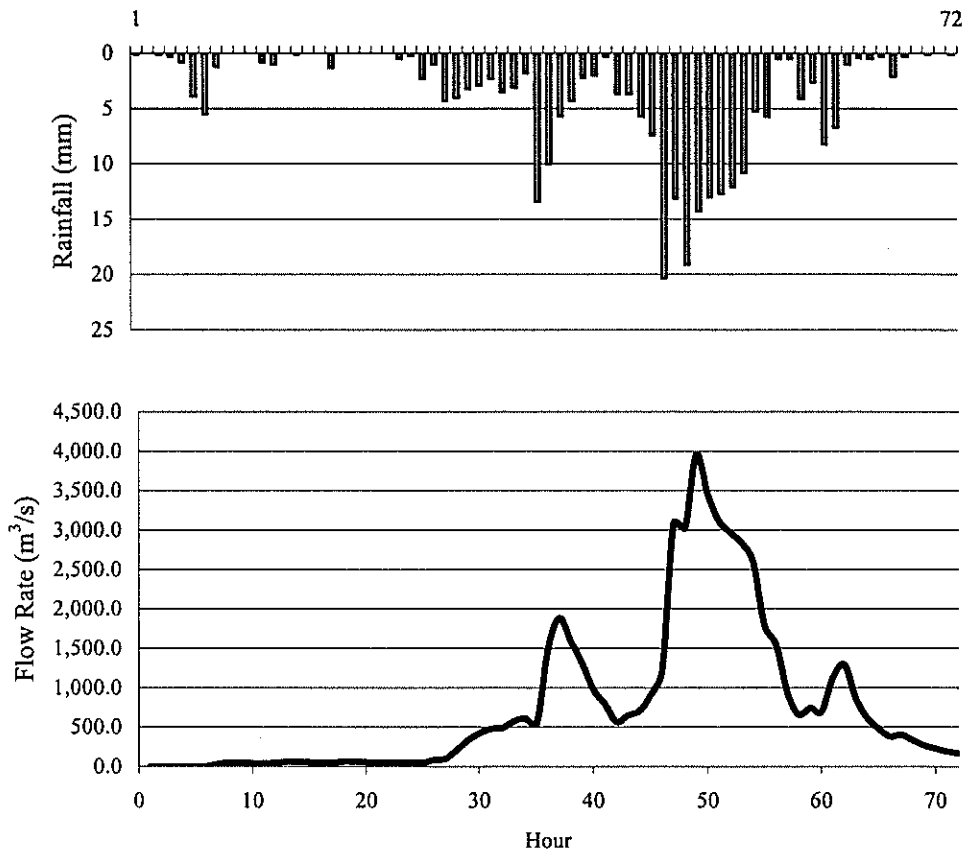


Figura C.2.4

Precipitación e Hidrograma Simulado durante el Huracán Mitch

Maximum Flow Rate and Return Period in the Choluteca River Basin in Tegucigalpa

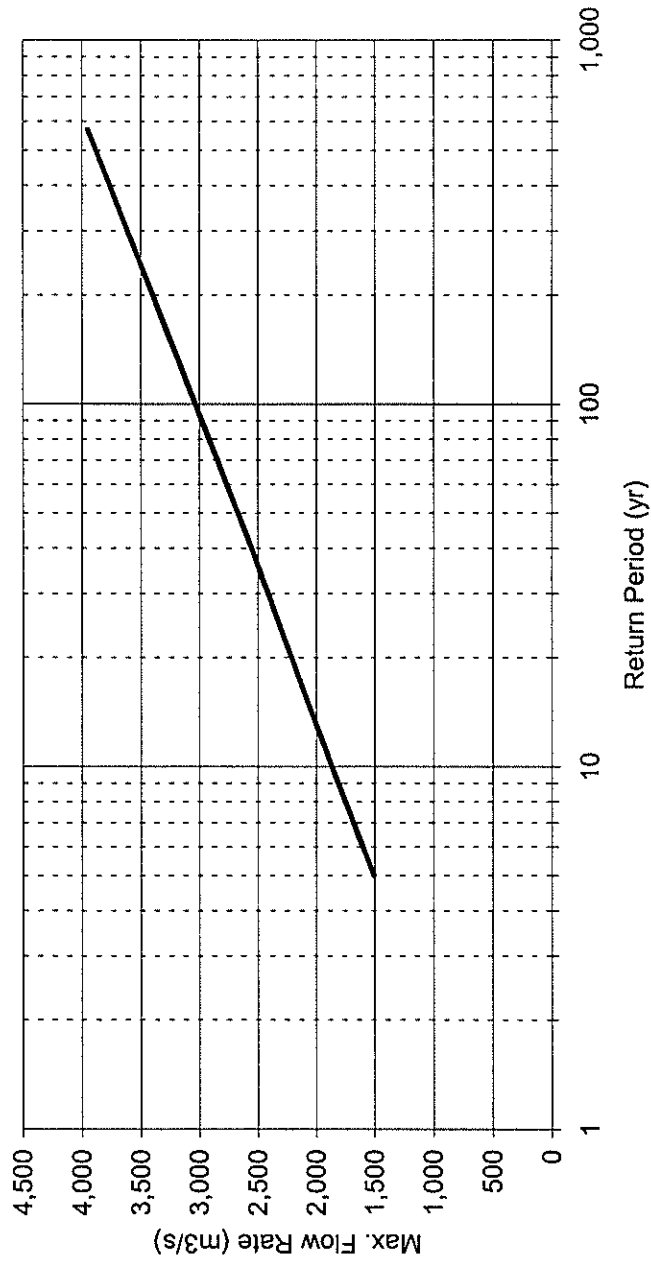
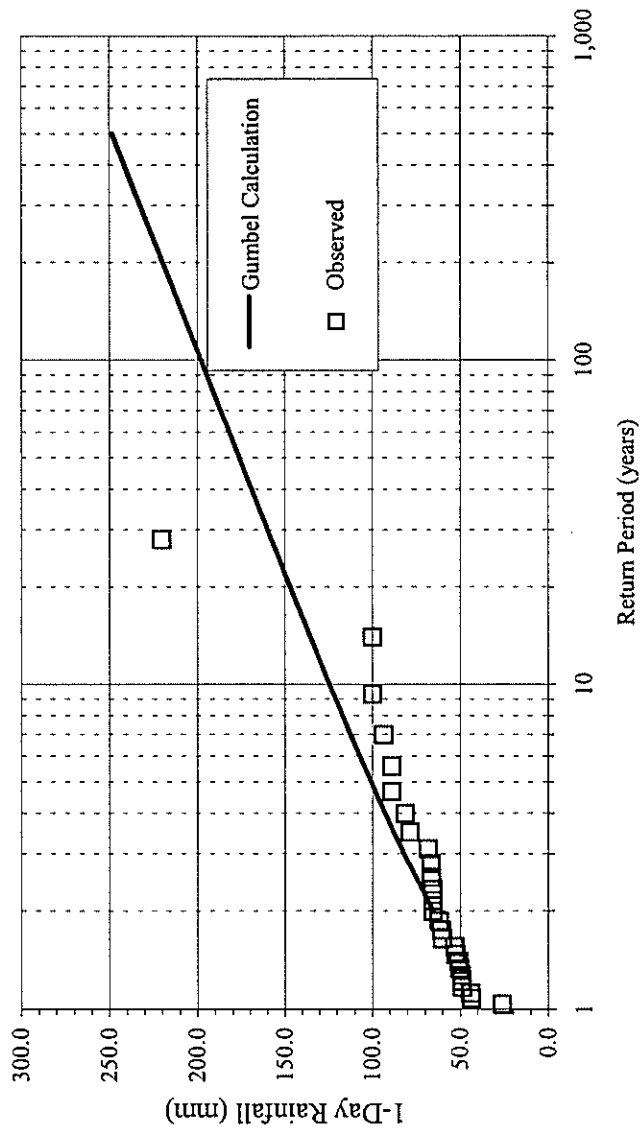


Figura C.2.5

Caudal Máximo y Período de Retorno en la Cuenca del Río Choluteca en Tegucigalpa

**Maximum 1-Day Rainfall and Return Period at Concepcion Station
(1972-1998)**

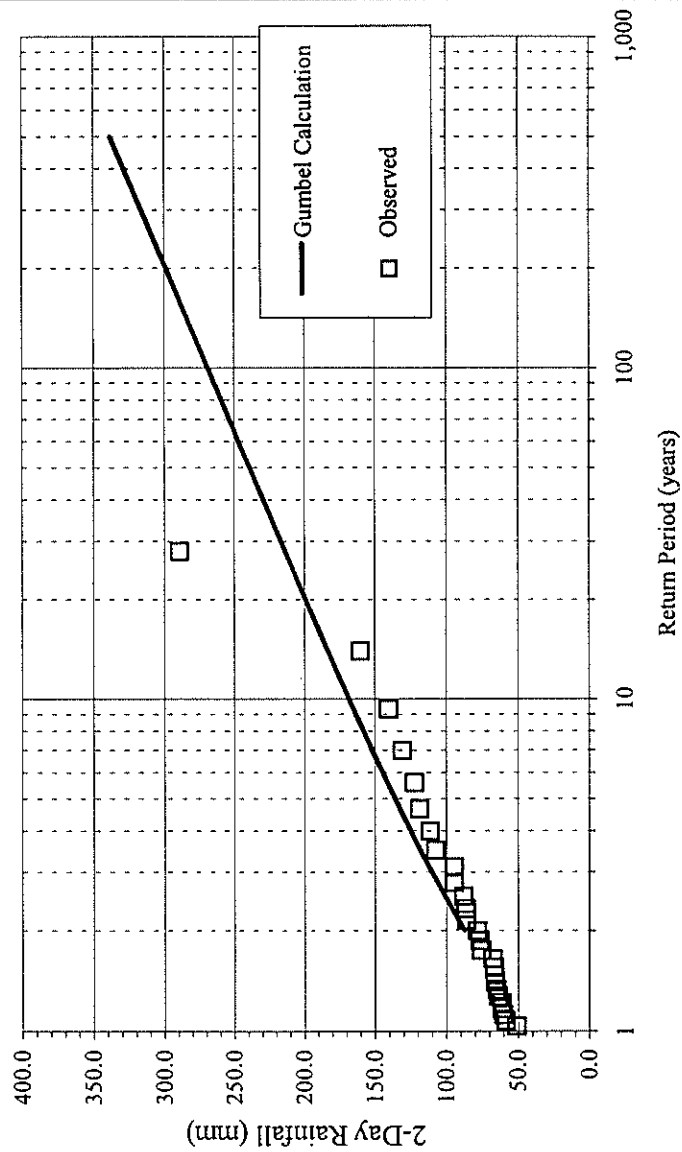


Return Period (year)	1-Day Rainfall (mm)
500	248
400	241
300	232
250	227
200	220
150	211
100	198
80	191
60	182
50	176
40	169
30	160
25	154
20	147
15	138
10	124
9	121
8	117
7	112
6	107
5	101
4	93
3	82
2	65

Figura C.3.1 (1)

Precipitación Máxima de 1-Día y Período de Retorno en la Estación La Concepción

**Maximum 2-Day Rainfall and Return Period at Concepcion Station
(1972-1998)**

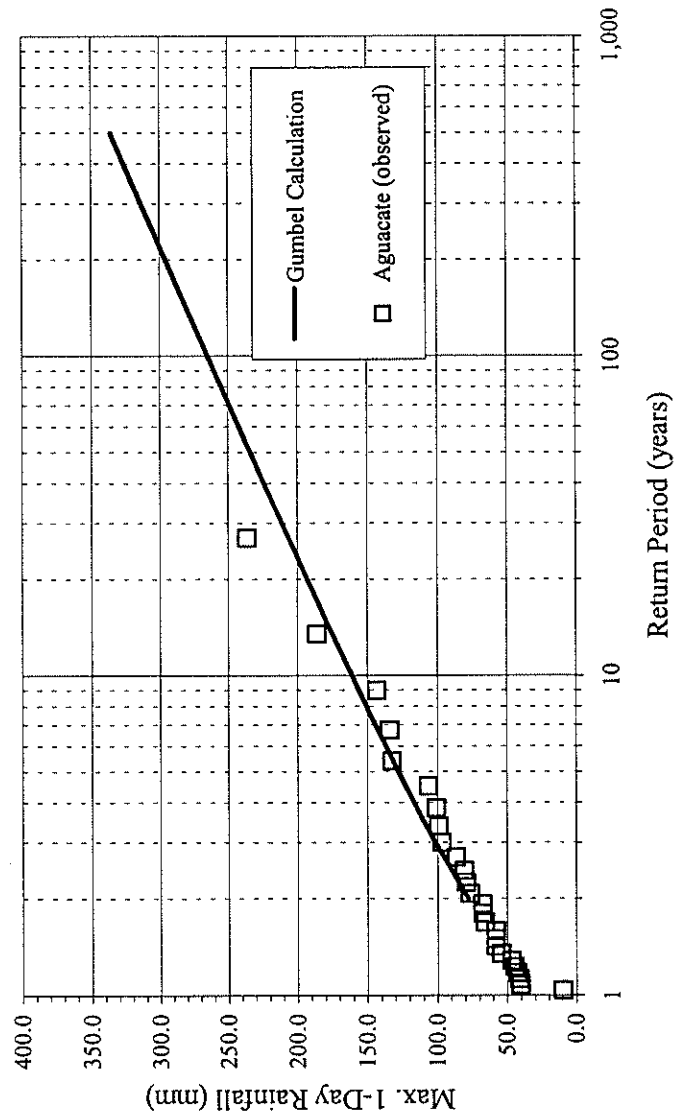


Return Period (year)	2-Day Rainfall (mm)
500	338
400	328
300	316
250	308
200	299
150	286
100	269
80	259
60	247
50	239
40	229
30	217
25	209
20	199
15	186
10	168
9	163
8	158
7	152
6	145
5	136
4	125
3	110
2	87

Figura C.3.1 (2)

Precipitación Máxima de 2-Días y Período de Retorno en la Estación La Concepción

Maximum 1-Day Rainfall and Return Period at Aguacate and Villa Real Station
(Aguacate : 1972-1990, Villa Real : 1991-1998)

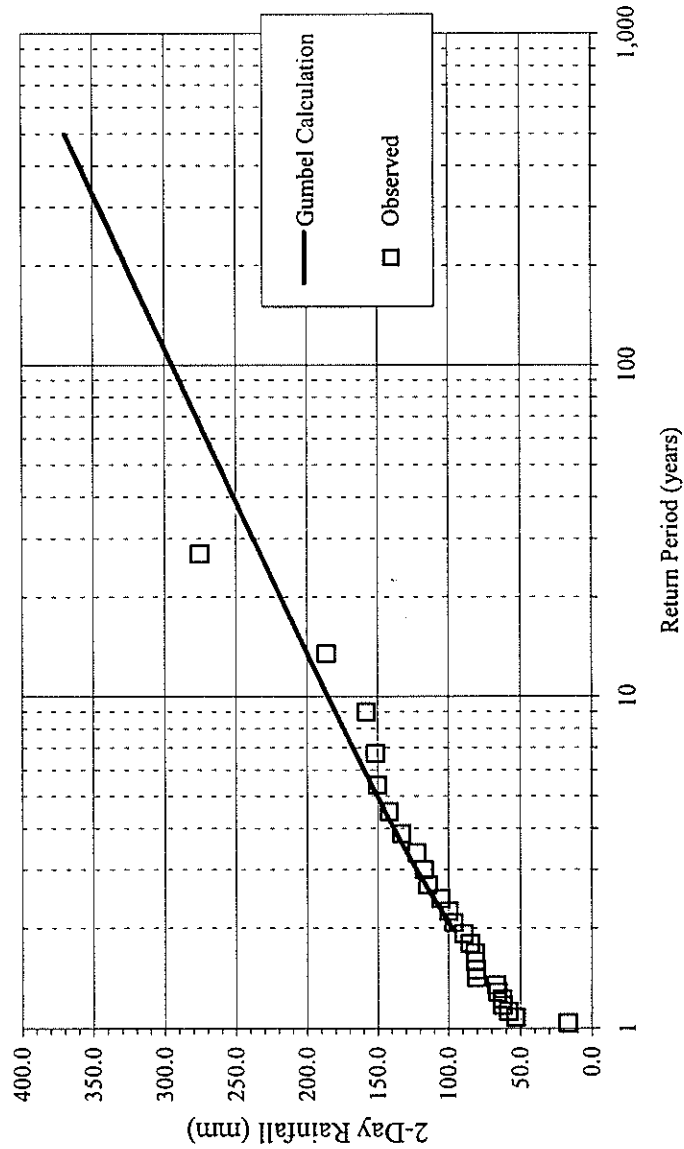


Return Period (yr)	Daily Rainfall (mm)
500	335.8
400	326.0
300	313.3
250	305.2
200	295.4
150	282.6
100	264.7
80	254.8
60	242.0
50	233.9
40	223.9
30	211.0
25	202.8
20	192.7
15	179.7
10	161.0
9	156.1
8	150.5
7	144.2
6	136.8
5	127.9
4	116.7
3	101.5
2	77.9

Figura C.4.1 (1)

Precipitación Máxima de 1-Día y Período de Retorno en las Estaciones Aguacate y Villa Real

Maximum 2-Day Rainfall and Return Period at Aguacate and Villa Real Station
(Aguacate : 1972-1990, Villa Real : 1991-1998)

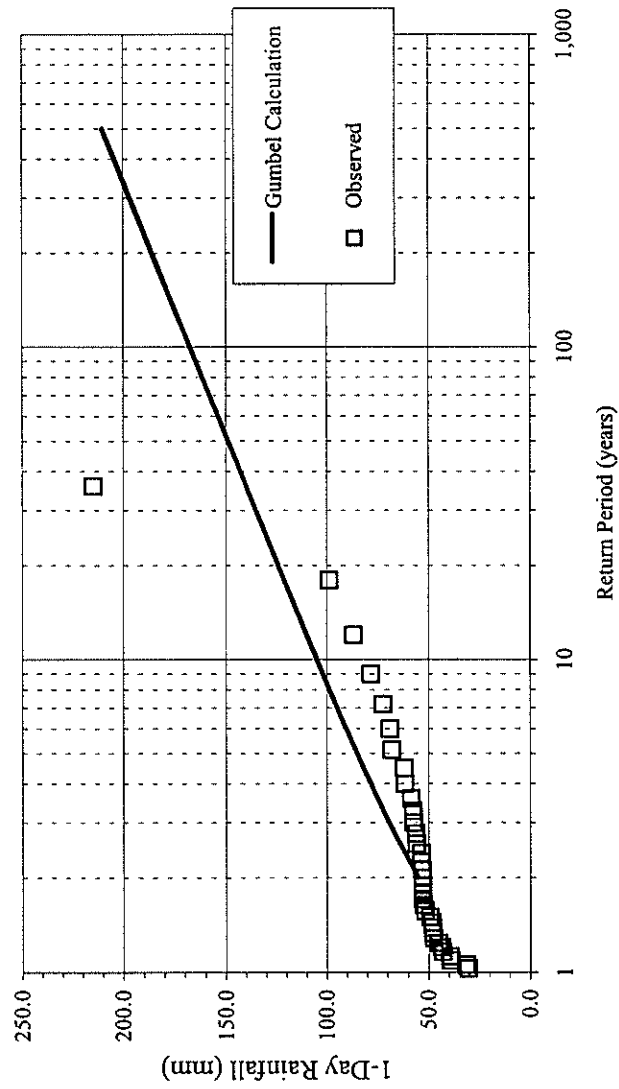


Return Period (year)	2-Day Rainfall (mm)
500	369
400	359
300	346
250	337
200	327
150	313
100	294
80	284
60	270
50	262
40	251
30	238
25	229
20	219
15	205
10	185
9	180
8	174
7	167
6	160
5	150
4	138
3	122
2	98

Figura C.4.1 (2)

Precipitación Máxima de 2-Días y Período de Retorno en las Estaciones Aguacate y Villa Real

Maximum 1-Day Rainfall and Return Period at Batallon and Quebra Montes Station
(Batallon : 1963-1990, Quebra Montes : 1991-1998)

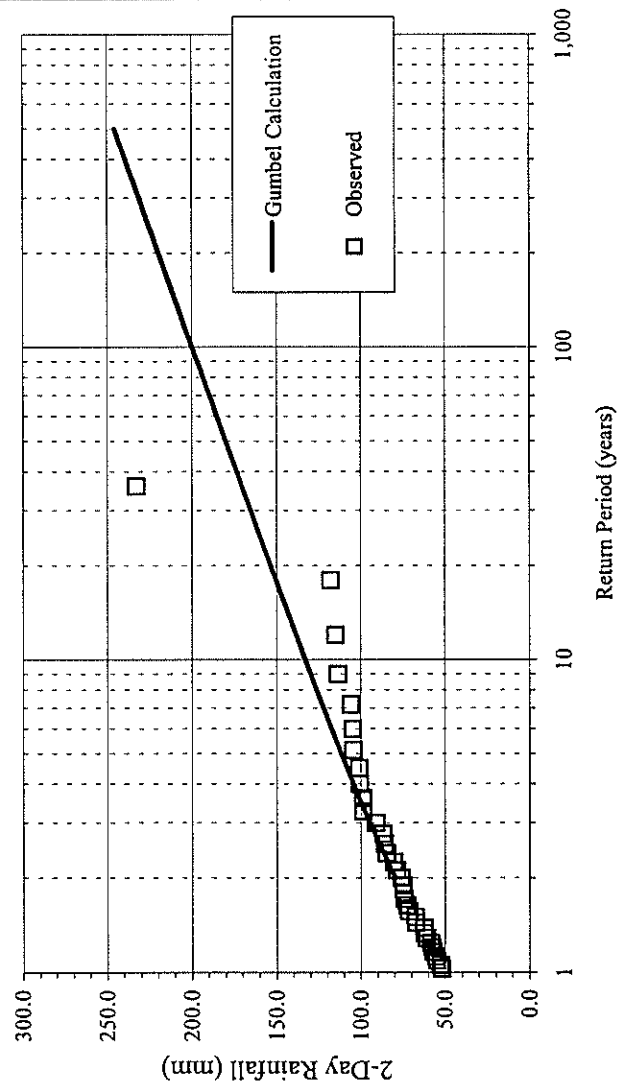


Return Period (year)	1-Day Rainfall (mm)
500	210
400	204
300	197
250	192
200	186
150	178
100	167
80	161
60	154
50	149
40	143
30	135
25	130
20	124
15	116
10	105
9	102
8	99
7	95
6	90
5	85
4	78
3	69
2	55

Figura C.5.1 (1)

Precipitación Máxima de 1-Día en las Estaciones de Batallón y Quebra Montes

**Maximum 2-Day Rainfall and Return Period at Batallon and Queibra Montes Station
(Batallon : 1963-1990, Queibra Montes : 1991-1998)**



Return Period (year)	2-Day Rainfall (mm)
500	246
400	239
300	231
250	226
200	219
150	211
100	200
80	193
60	185
50	180
40	173
30	165
25	160
20	153
15	145
10	133
9	130
8	126
7	122
6	117
5	112
4	104
3	95
2	80

Figura C.5.1 (2)

Precipitación Máxima de 1-Día y Período de Retorno en las Estaciones Batallón y Queibra Montes

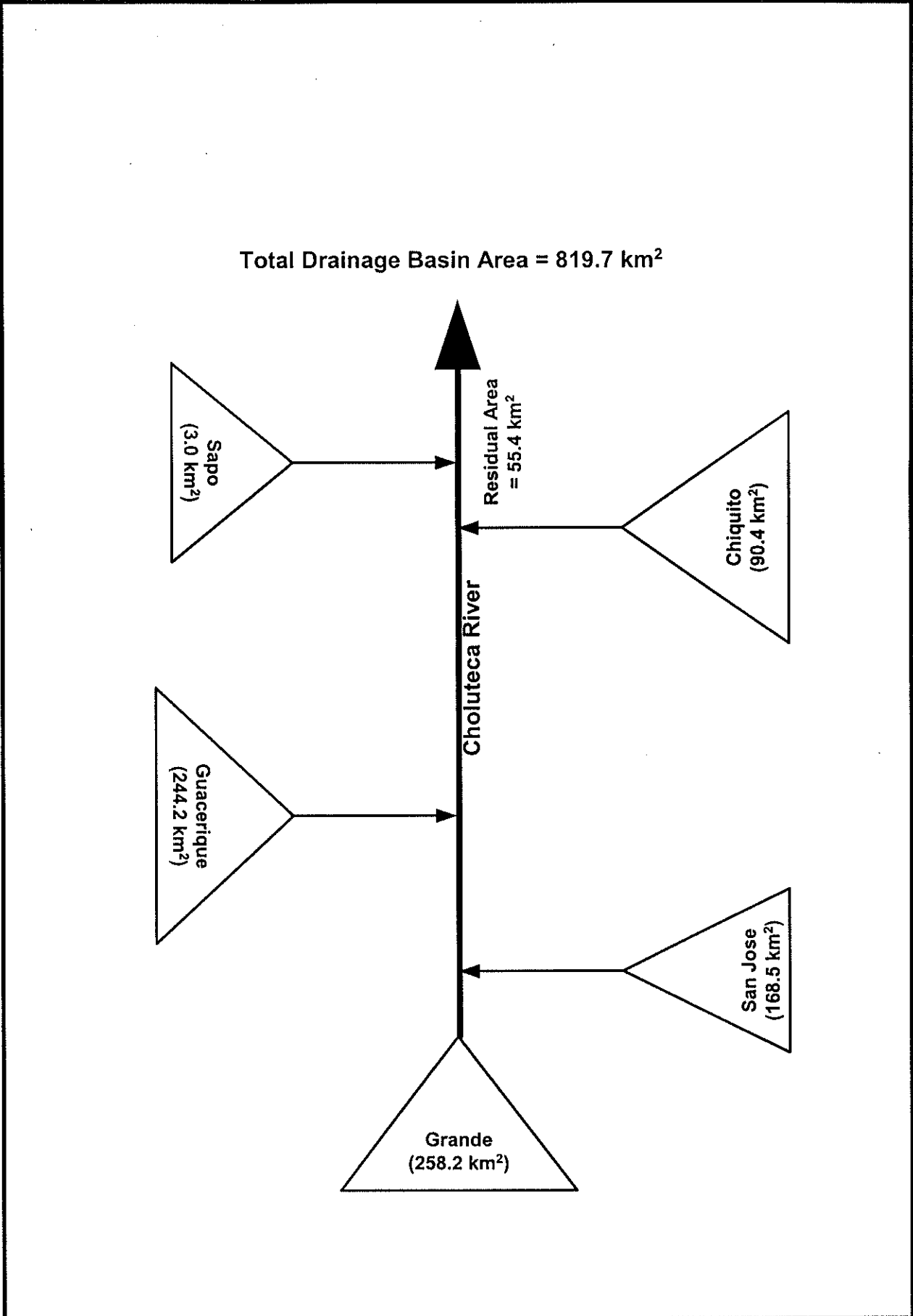


Figura C.7.1

Modelo de Río en la Cuenca del Río Choluteca en Tegucigalpa

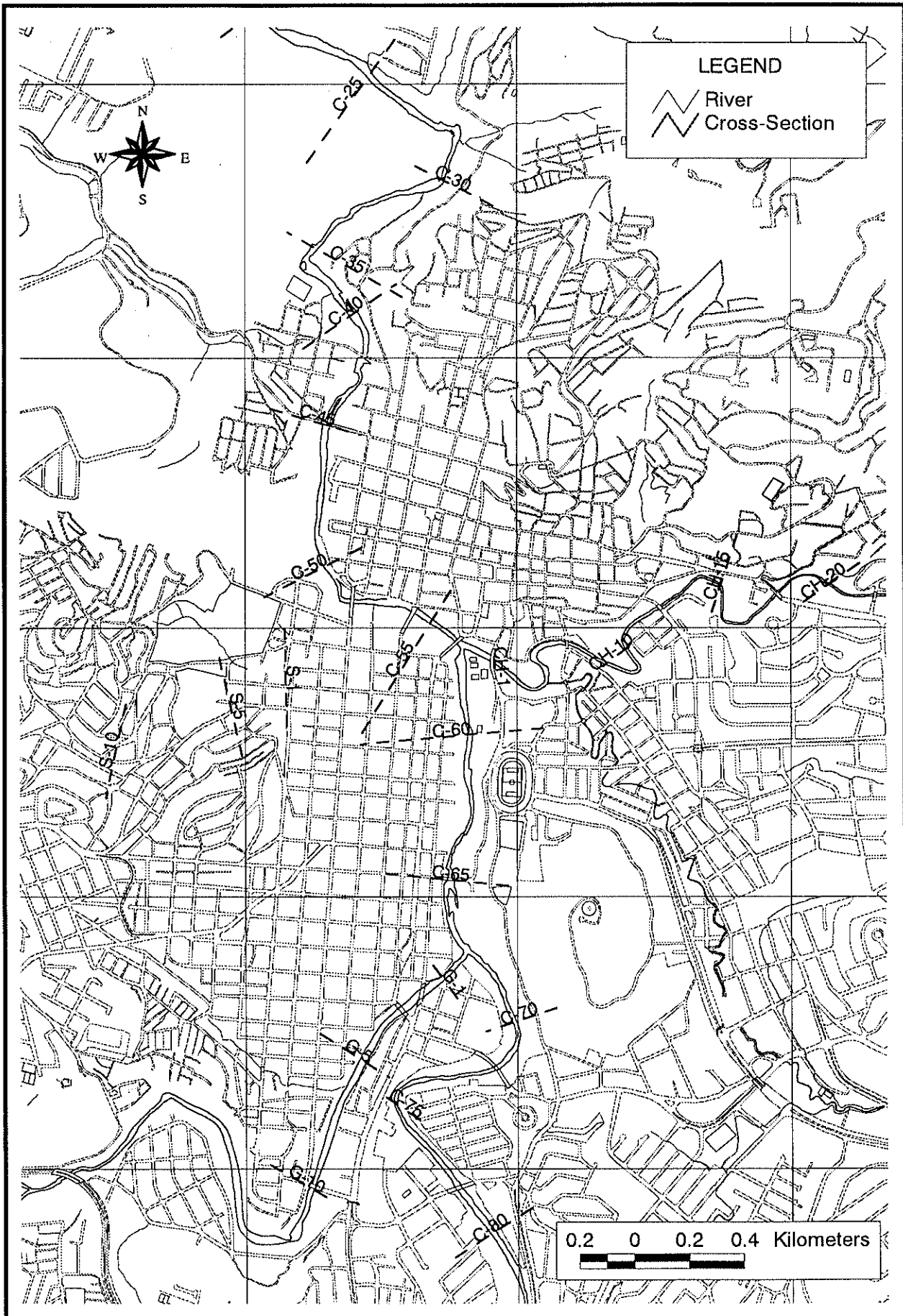


Figura C.7.2

Sección Transversal en Area Central

Comparison of Cross Sections at Berinche in 1996 and 2001

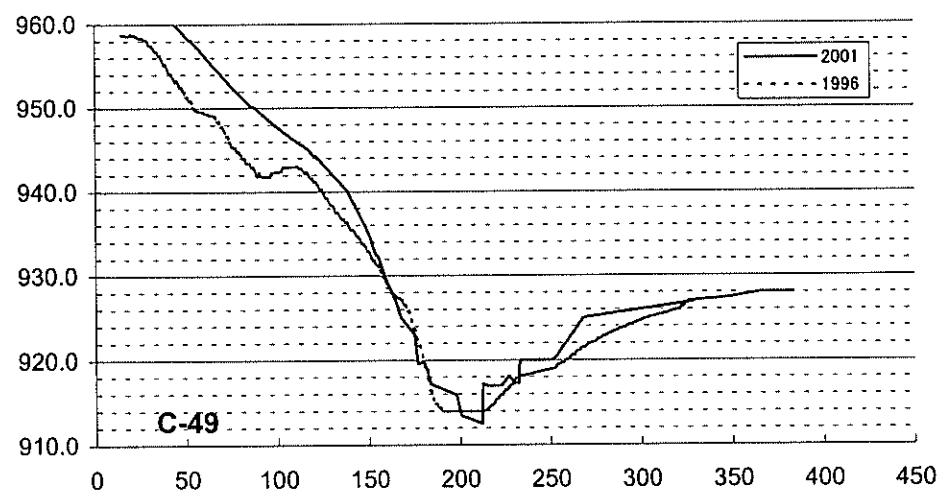
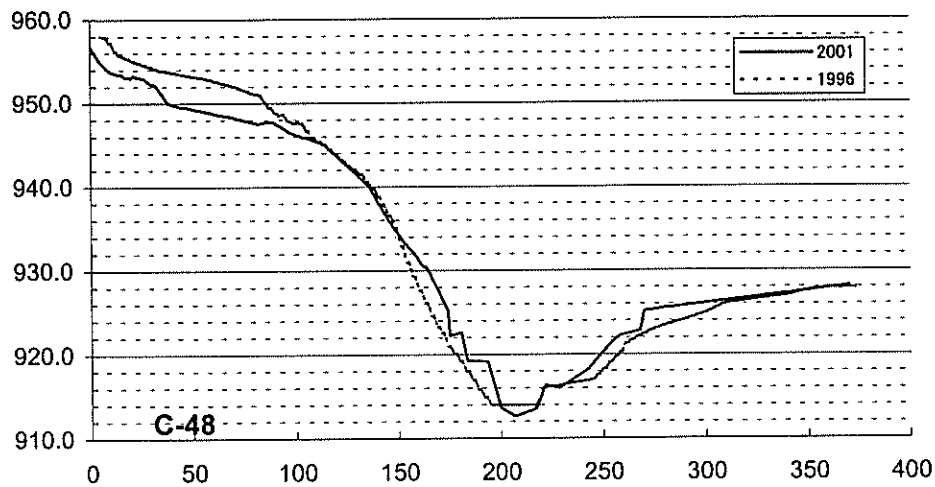
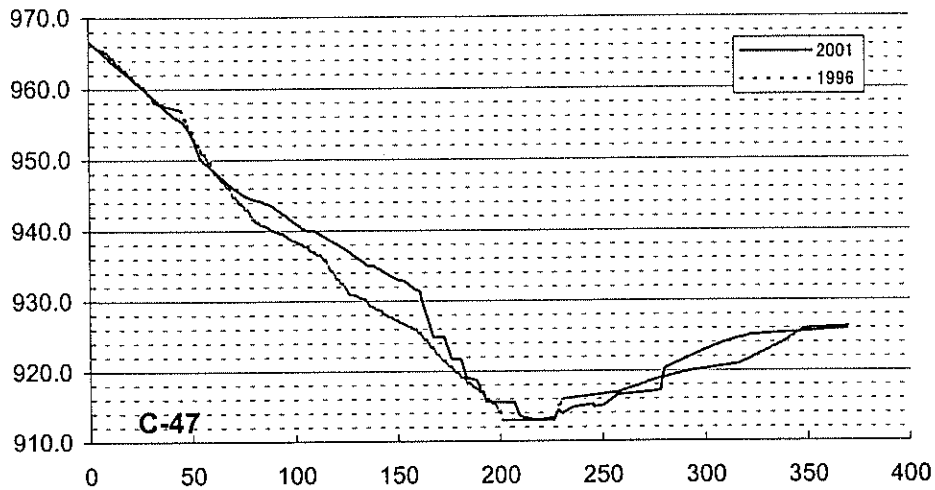


Figura C.7.3 (1)

Comparación de Sección Transversal en Berinche en 1996 y 2001

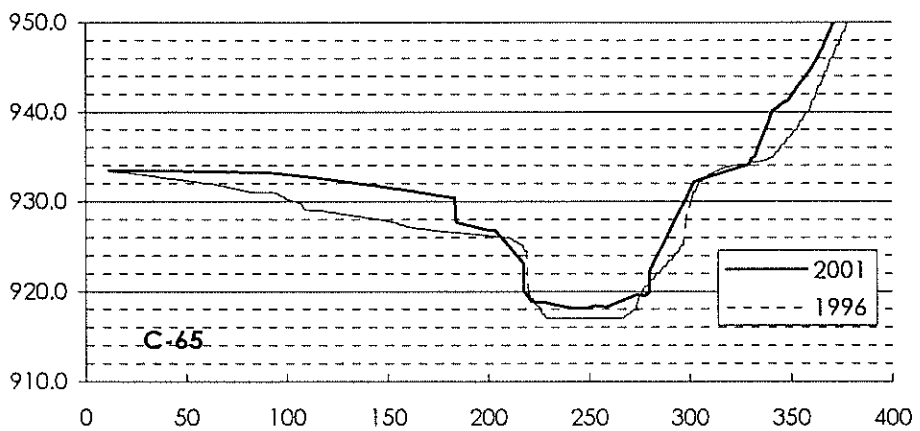
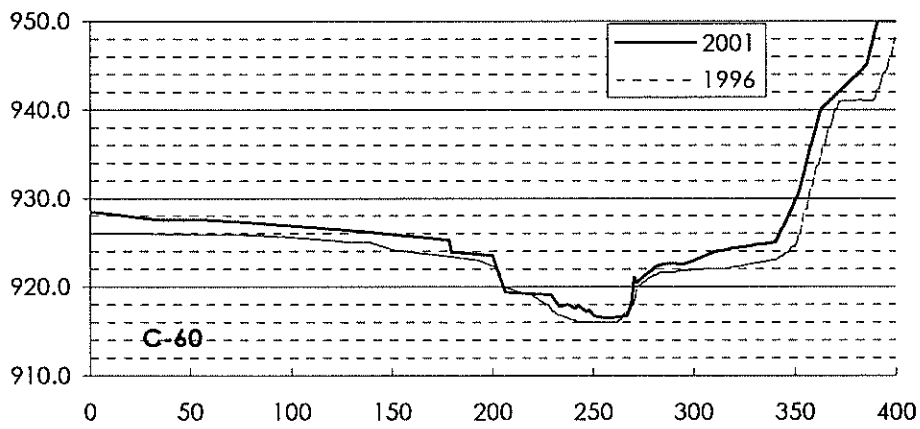
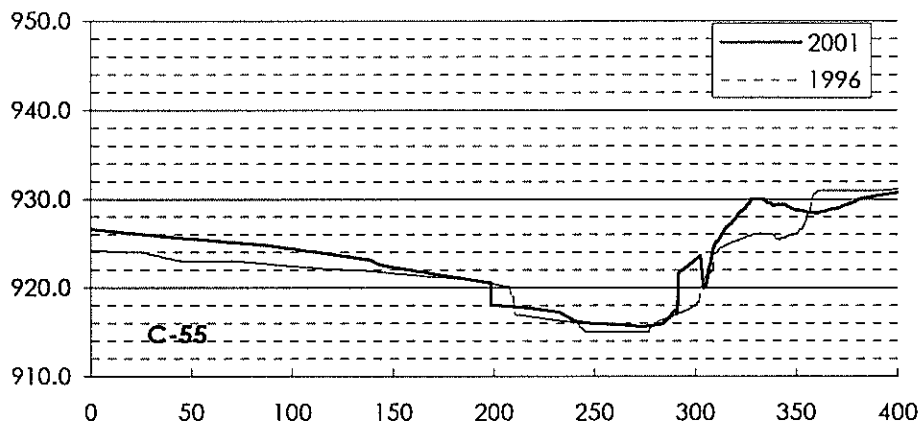
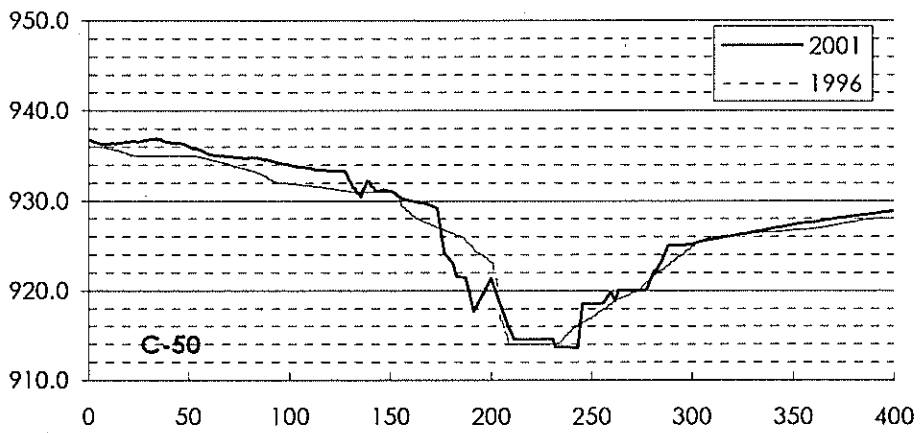


Figura C.7.3 (2)

Comparación de Sección Transversal en 1996 y 2001

REFERENCIAS

- 1) “Lote 3 : Actualización del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable de Tegucigalpa” por SANAA in 1989.
- 2) “Diagnóstico de Las Obras de Captación del Sistema de Abastecimiento Hídrico de Tegucigalpa” por SANAA en 1999.
- 3) “Registro de Precipitación y Temperatura” por el Servicio Meteorológico Nacional, 1999.
- 4) “Mapas Topográficos” por el Instituto Geográfico Nacional, 2000.
- 5) “Modelacion Hidrológica e Hidráulica Cuenca Alta del Río Choluteca” por Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), 1999.
- 6) “Estudio de Respuesta al Huracán en Honduras en 1998” por USGS.
- 7) “Informe de Visita a la Laguna del Pescado en 1999” por el Ing. Christopher Bonnard, y otros.
- 8) “Laguna del Pescado” por Ramón Rivera en la Revista Geográfica en 1999.
- 9) “Manual sobre Obras en Ríos en Japón” por el Ministerio de la Construcción, Japón, 1998.

INFORME DE APOYO C

APENDICE C

APENDICE C.1
ENFOQUE TEORICO

APÉNDICE C.1 ENFOQUE TEÓRICO

APÉNDICE C.1.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

(1) Enfoque Teórico

El método estándar de Gumbel se usa para analizar la relación de la precipitación o caudal y su período de retorno. Las ecuaciones básicas son las siguientes:

$$T = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{1-F(x)} \tag{C.1.1}$$

- donde
- T = Período de retorno, año
 - $P(x)$ = Probabilidad de Exceso
 - $F(x)$ = Probabilidad de No-Exceso
 - x = Precipitación máxima o caudal cada año, mm o m³/s

A partir de una serie de datos x , $F(x)$ se puede calcular usando el Método Hazen o Método Weibull como se muestra a continuación:

$$F(x) = 1 - \frac{j}{N+1} \tag{C.1.2}$$

- Donde
- j = Orden de x_j del máximo
 - N = Numero total de la serie de datos

De lo anterior $F(x)$, un nuevo parámetro x y y se definen a continuación:

$$F(x) = 1 - \exp(-e^{-y}) \tag{C.1.3}$$

$$y = -\ln\{-\ln F(x)\} = a(x - x_0) \tag{C.1.4}$$

donde a y x_0 se pueden calcular a partir de la siguiente ecuación

$$\frac{1}{a} = \frac{S_x}{S_y} \tag{C.1.5}$$

$$x_0 = \bar{x} - \left(\frac{1}{a}\right)^{\bar{y}} \tag{C.1.6}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} , S_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \tag{C.1.7}$$

$$F(x) = 1 - \exp(-e^{-y}) = 1 - \frac{j}{N+1} \tag{C.1.8}$$

Donde \bar{x}, \bar{y} = Valor promedio de series de datos x y y

La relación entre precipitación y caudal (x) y período de retorno (T) se puede convertir en la siguiente ecuación:

$$x = x_0 + \left(\frac{1}{a}\right)y \quad (\text{C.1.9})$$

$$y = -\ln\{\ln T - \ln(T-1)\} \quad (\text{C.1.10})$$

Donde x_0 y a son ahora parámetros conocidos

(2) Estructura de los Datos

Los datos usados como Entrada para el modelo son como sigue a continuación:

Precipitación máxima (normalmente por hora) o caudal cada año

La tabla de parámetros estándar del método de Gumbel (la relación entre el número de muestras, promedio y y desviación estándar de y (N, y, S_y))

APÉNDICE C.1.2 PRECIPITACIÓN – ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA

(1) Enfoque Teórico

Un método de función de almacenaje se usa para analizar la relación entre precipitación y escorrentía. Las ecuaciones básicas son las siguientes:

$$r_e - q_t = \frac{ds_t}{dt} \quad (C.2.1)$$

$$s_t = kq_t^p \quad (C.2.2)$$

donde q_t = descarga, mm

r_e = promedio de precipitación en la cuenca, mm

s = almacenaje, mm

t = tiempo, s

La ecuación anterior se puede simplificar y discernir de la siguiente manera:

$$q_t \rightarrow q, \quad s_t \rightarrow s \quad (C.2.3)$$

$$r_{e,t} - \frac{q_{t-\Delta t} + q_t}{2} = \frac{s_t - s_{t-\Delta t}}{\Delta t} \quad (C.2.4)$$

$$\frac{s_t}{\Delta t} + \frac{q_t}{2} = \left(\frac{s_{t-\Delta t}}{\Delta t} - \frac{q_{t-\Delta t}}{2} \right) + r_{e,t} \quad (C.2.5)$$

El método Newton – Ralpson se empleó para calcular la ecuación anterior asumiendo $f(q)$ de la siguiente manera:

$$f(q) = aq^p + bq + C = 0 \quad (C.2.6)$$

Usando series Tayler de 2º orden, el derivativo de $f(q)$ es

$$f'(q_1) = paq_1^{p-1} + b \quad (C.2.7)$$

Por lo tanto, la ecuación Newton – Ralpson se puede expresar así:

$$y - f(q_1) = (paq_1^{p-1} + b) \times (q - q_1) \quad (C.2.8)$$

$$q_i = q_{i-1} - \frac{aq_{i-1}^p + bq_{i-1} + c}{paq_{i-1}^{p-1} + b} \quad (C.2.9)$$

De esta ecuación , q_i se puede calcular de q_{i-1} . Este programa seleccionará el mejor valor de q_i que haga

$$y - f(q_i) = 0 \quad (C.2.10)$$

(2) Estructura de Datos

Los datos usados como Entrada para el modelo se muestran a continuación:

El patrón de precipitación sintética en cada período de retorno y

Los parámetros necesarios en el modelo (k, p y área de drenaje de cuencas).

APÉNDICE C.1.3 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Los datos de nivel de agua y descarga están disponibles en las estaciones de aforo de la cuenca. El hidrograma se calcula y se usa como condición de límite. Un programa de flujo inestable, MIKE 11 desarrollado por el Instituto Danés de Hidráulica (DHI), se usa para simular el flujo a lo largo del río.

(1) Enfoque Teórico

El programa se puede usar para resolver las ecuaciones integradas verticalmente de conservación de continuidad e impulso (llamada "Ecuación San Venant") para flujo homogéneo. Las ecuaciones básicas principales son:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (C.3.1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(a \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (C.3.2)$$

donde	Q	=	descarga, m ³ /s
	A	=	área de flujo, m ²
	q	=	afluencia lateral, m ² /s
	h	=	dato de etapa anterior, m
	C	=	coeficiente de resistencia Chezy, m ^{1/2} /s
	R	=	radio hidráulico, m
		=	coeficiente de distribución del impulso
	g	=	aceleración de gravedad, m/s ²
	t, x	=	El eje del tiempo, s, y distancia, m, respectivamente

Las ecuaciones se transforman en una serie de diferentes ecuaciones finitas en una cuadrícula computacional que consiste de puntos- Q alternos (descarga) y puntos- h (nivel de agua). Las ecuaciones transformadas son como sigue:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\frac{(Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n)}{2} - \frac{(Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (C.3.3)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = b_s \frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{(h_j^{n+1} - h_j^n)}{\Delta t} \quad (C.3.4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{(Q_j^{n+1} - Q_j^n)}{\Delta t} \quad (C.3.5)$$

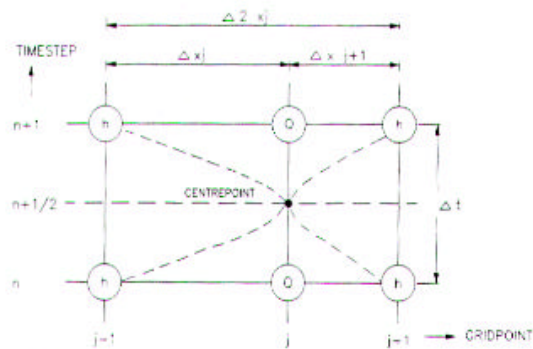
$$\frac{\partial \left(a \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} \approx \frac{\left(\left[a \frac{Q^2}{A} \right]_{j+1}^{n+\frac{1}{2}} - \left[a \frac{Q^2}{A} \right]_{j-1}^{n+\frac{1}{2}} \right)}{\Delta 2x_j} \quad (C.3.6)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{\frac{(h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n)}{2} - \frac{(h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (C.3.7)$$

donde b_s = ancho de río, m

n, j = paso de tiempo y distancia

El diagrama esquemático de incremento de tiempo y distancia se ilustra a continuación:



(2) Estructura de Datos

Los datos usados como entrada para el modelo son los siguientes:

La configuración de la cuadrícula del sondeo de ríos para la red de ríos,

Secciones transversales de ríos, coordenadas,

Datos de lecho del río y materiales, y

La condición de límites, en este caso el hidrograma del extremo río-arriba y nivel del agua del extremo río-abajo.