

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDROMETEOROLOGICA  
CATEDRA: HIDROLOGIA

**ESTUDIO HIDROLOGICO PRELIMINAR DE LA CUENCA  
DEL RIO CARONI**

INFORME REALIZADO POR:  
ROSARIO FERNANDEZ  
ARMANDO MARTINEZ  
ELLYS NUÑEZ

CARACAS, AGOSTO DE 1998.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDROMETEOROLOGICA  
CATEDRA: HIDROLOGIA

**ESTUDIO HIDROLOGICO PRELIMINAR DE LA CUENCA  
DEL RIO CARONI**

INFORME REALIZADO POR:  
ROSARIO FERNANDEZ  
ARMANDO MARTINEZ  
ELLYS NUÑEZ

CARACAS, AGOSTO DE 1998.

## **SUMARIO**

Este proyecto ha sido realizado con fines docentes para cumplir con los requisitos establecidos en la cátedra Hidrología al realizar el estudio hidrológico preliminar de la cuenca del río Caroní.

**INDICE GENERAL**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINAS</b>
❖ SUMARIO	2
❖ INTRODUCCION	5
❖ OBJETIVO GENERAL	8
❖ OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
❖ INFORMACION RECOLECTADA	11
❖ METODOLOGIA EMPLEADA	13
❖ CALCULOS Y RESULTADOS	25
❖ ANALISIS DE RESULTADOS	54
❖ MAPAS Y GRAFICOS	57
❖ ANEXOS	64

## INDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINAS</b>
❖ TABLA #1 : Probabilidad de No Excedencia	28
❖ TABLA #2 : Precipitaciones Máximas	30
❖ TABLA #3 : Intensidades Máximas	31
❖ TABLA#4 : Datos Polígonos de Thiessen	35
❖ TABLA #5 : Datos Método Isoyético	36
❖ TABLA# 6 : ETP coeficiente evaporimétrico	42
❖ TABLA #7 : ETP coeficiente cultivo	42
❖ TABLA #8 : Índice Calórico Mensual	43
❖ TABLA #9 y 10: ETP Thornthwaite y Thornthwaite Distribuido	44
❖ TABLA #11: Balance Hídrico por coeficiente de cultivo	45
❖ TABLA #12 : Balance Hídrico por ETP distribuido	46
❖ Cuadro Comparativo de ETP	47
❖ Gráfico Comparativo de ETP	48
❖ Curva de Gasto	53
❖ Gráfica de I-D-F (10, 50, 100 años)	57
❖ Gráfica de Probabilidades Extremas	58
❖ Gráfica de I-D-F para 5 años	59
❖ Mapa #1 : Mapa a Escala 1:100000	60
❖ Mapa #2 : Mapa de la Divisoria y Orden de las cuencas	61
❖ Mapa #3 : Mapa Polígonos de Thiessen	62
❖ Mapa #4 : Mapa de Isoyetas	63

## INTRODUCCION

El presente proyecto ha sido realizado con la finalidad de determinar los caudales máximos y medios en la cuenca del río Caroní con fines de diseño, para lo cual se ha dividido este proyecto en seis fases que determinaran a lo largo del desarrollo de este trabajo las condiciones necesarias para alcanzar el objetivo planteado.

Antes de hacer el estudio hidrológico de una región se deben tomar en cuenta ciertas características de la misma, como lo son, por ejemplo el relieve, la vegetación, así como diversas características topográficas y climatológicas.

En nuestro caso el área a estudiar lo conforma la cuenca del río Caroní, la cual abarca una superficie aproximada de 95.000 Km<sup>2</sup>, lo que representa un 40% del estado Bolívar y un 10% del territorio nacional. La cuenca del río Caroní está delimitada por el Norte con la confluencia de los ríos Caroní y Orinoco, por el Sur con la frontera de Guyana y Brasil, por el Este con la cuenca del río Cuyuní y por Oeste con la del río Caura. En cuanto al relieve y vegetación podemos decir que en la región existe una gran variedad, presentando como característica principal los denominados "Tepuy", así como también se presentan grandes sabanas planas y deforestadas.

Debemos tener especialmente claro que la hidrología es la ciencia que se encarga del estudio del agua y las manifestaciones de la misma en la atmósfera, sobre y debajo de la superficie terrestre, sus propiedades y su relación con el medio ambiente. Desde el punto de vista de la Ingeniería Civil, esta ciencia incluye los métodos para determinar el caudal como elemento de diseño de obras que tienen relación con el uso y protección del agua, tal como represas, canales,

abastecimiento, drenaje, calidad de agua y manejo de las cuencas, entre otras cosas.

El estudio hidrológico es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de los sistemas hidráulicos; en el caso que nos embarga el estudio hidrológico a desarrollar será realizado con la finalidad de obtener los datos necesarios para el diseño de una alcantarilla en función del caudal máximo que pasaría por ella y el cálculo de la altura de un puente.

Para elaboración de este proyecto se seguirán los siguientes pasos:

1. Se determinaran las características fisiográficas entre la cuales podemos mencionar el factor forma ( $F_c$ ), el coeficiente de compacidad ( $K_c$ ), la pendiente media del cauce principal, el área de la cuenca, así como el orden de las corrientes.
2. Luego se determinarán las precipitaciones máximas del río Caroní, para diferentes períodos de retorno ( 5, 10, 50, 100).
3. Se estimarán los datos pluviométricos englobados de la estación el cazabe ubicada en la cuenca del río Caroní utilizando el método de desenglobe.
4. Se determinarán las precipitaciones medias de la Cuenca del río Caroní, utilizando 3 métodos diferentes (Promedio Aritmético, Isoyetas y Thessen).
5. Se determinará la Evapotranspiración (ETP), por medio de 4 métodos diferentes ( Por coeficiente evaporimétrico, por coeficiente de cultivo, por thornthwaite corregido, por thornthwaite distribuido), para luego elaborar el balance hídrico que nos suministrará la información necesaria, para calcular las demandas brutas de riego en la zona la estación macagua.

6. Se determinará el caudal máximo que pasaría a través de una alcantarilla para periodo de retorno de 5 años, y por ultimo se calculará la altura de diseño de un puente para un periodo de retorno de 50 años.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los caudales máximos y medios en la cuenca del río Caroní en con fines de diseño.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos del presente proyecto han sido divididos por fases y se muestran a continuación:

### Fase N°1

- ❖ Determinar las características fisiográficas de la cuenca del río Cuira.
  - Trazado de la Divisoria de la Cuenca.
  - Determinación del Área de la Cuenca.
  - Determinación del Factor Forma y el Factor Compacidad.
  - Construcción del Perfil Transversal del cauce.
  - Determinación de la pendiente media del Cauce Principal.
  - Determinación del orden de las corrientes.

### Fase N°2

- ❖ Determinar las precipitaciones máximas de la estación Caroní en Arekuna, para diferentes períodos de retorno (10, 50 y 100 años ), así como las curvas de intensidad, duración y frecuencia.
  - Calcular las Probabilidades de no excedencia para cada una de las precipitaciones de la estación Arekuna.
  - Graficar en papel de probabilidades extremas las precipitaciones máximas Vs. probabilidades de no excedencia.
  - Utilizar el método factor frecuencia para determinar las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno.

### Fase N°3

- ❖ Determinar los valores de precipitación en la estación El Cazabe durante el año 1986, empleando para ello el método del desenglobe y tomando como patrón la estación La Paragua, ubicadas en la cuenca del río Caroní.

**Fase N°4**

- ❖ Determinación de la precipitación media anual en la cuenca de río Caroní.
  - Aplicar los distintos métodos para la determinación de la precipitación media de la cuenca del río Caroní.
  - Comparación de los resultados arrojados por cada uno de los métodos.

**Fase N°5**

- ❖ Determinar las demandas brutas de una zona de riego, a través de distintos métodos.
  - Determinación de la ETP por el método de coeficiente evaporimétrico.
  - Determinación de la ETP por el método de coeficiente de cultivo y la realización de un balance hídrico con los resultados obtenidos.
  - Determinación de la ETP por el método de Thornthwaite.
  - Determinación de la ETP por el método de Thornthwaite Distribuido y la realización de un balance hídrico con los resultados obtenidos.
  - Determinación de las demandas brutas para una zona de riego

**Fase N°6**

- ❖ Determinación del Caudal máximo con fines de diseño.
  - Determinación del Caudal que pasaría a través de una alcantarilla empleando la fórmula racional.
  - Determinación de la altura de un puente mediante el análisis de la curva de gasto del río Caroní en Arekuna.

## **INFORMACION BASICA RECOLECTADA**

En la elaboración del presente proyecto se recolectaron una serie de datos que fueron fundamentales para la realización del mismo, a continuación se muestra un listado que contiene la información recolectada a lo largo de cada fase.

### **Fase N°1**

- Plano hidrométrico de la Cuenca del Río Cuira a escala 1:100.000

### **Fase N°2**

- Tabla con los registros de las precipitaciones máximas anuales de la estación Arekuna en el período 1966-1986, para diferentes duraciones (30, 60, 120, 180, 360 minutos).

### **Fase N°3**

- Tabla con registros de precipitaciones diarias y mensuales para las estaciones problema y patrón (El Cazabe, La Paragua, Kamarata, Uriman y Aonda).

### **Fase N°4**

- Tabla con los valores de las precipitaciones medias anuales en diferentes estaciones hidrometereológicas ubicadas en la cuenca del río Caroní, en el período 1977-1997.
- Plano de la cuenca del río Caroní a escala 1:2.000.000 , con la red pluviométrica de la región.

### **Fase N°5**

- Tabla con los valores de la Temperatura, Evaporación y Precipitación Media mensual de la estación Macagua para el período 1950-1955.

- Tabla con los coeficientes evapormétricos, de cultivo mensual, el factor de corrección y capacidad de campo de la estación Macagua.

**Fase N°6**

- Tabla con los valores de los caudales máximos de Caroní en Aripichí.
- Tabla con los valores de los caudales máximos de Caroní en Arekuna y los Niveles máximos de diseño.

## METODOLOGIA EMPLEADA

La metodología empleada en la realización del presente proyecto será expuesta por fases, tal como se muestra a continuación:

### Fase N°1

Se determinaron las características fisiográficas de la cuenca del río Cuirá, tales como la divisoria de la cuenca, área, factor forma, coeficiente de compacidad, pendiente media del cauce y el orden de las corrientes.

#### I.- Determinación del área de estudio

Para determinar el área a estudiar se comenzó por ubicar la cuenca del río Cuirá y sus afluentes, resaltándolos con color azul y demarcando la divisoria de la misma con color rojo; esto teniendo en cuenta que fuese perpendicular a las curvas de nivel y que no cortara el cauce de algún río, únicamente al río en estudio en la salida de la cuenca.

#### II.- Determinación del área y el perímetro de la cuenca

El perímetro se estableció a través del curvómetro el cual se deslizó sobre la divisoria, tomando varias mediciones para obtener un promedio,

Para la estimación del área de la cuenca se emplearon dos métodos:

- Se consideró en primer lugar el método de la Plantilla Planimétrica, en este caso no hubo necesidad de emplear una plantilla pues el mapa ya estaba cuadrado, se encontraba dividido por cuadros de igual superficie en una escala 1:1000 medidas en metros, se determinó el área de cada uno de ellos y se contó el número de cuadros que estaban encerrados dentro de la divisoria.

- Luego se calculó el área de la cuenca utilizándose el Planímetro Polar, se realizaron una serie de lecturas con el mismo en un cuadro del mapa, para determinar la constante K de dicho instrumento (empleamos el Planímetro número

6389), luego se dividió la cuenca en dos sectores y se determinó el área de cada una de ellas, finalmente se sumaron las áreas parciales obtenidas.

### **III.- Cálculo de la longitud axial**

Se buscó sobre el plano el punto más alejado de la desembocadura de la cuenca y se midió la distancia que lo separaba del punto más bajo o desagüe de la misma.

### **IV.- Cálculo del factor forma y coeficiente de compacidad**

El factor forma se determinó a través de la fórmula que establece la relación existente entre el área de la cuenca y la longitud axial obtenida anteriormente

$$Ff = a / Lax.$$

El factor forma se determinó igualmente aplicando una fórmula, que establece la relación entre el perímetro obtenido anteriormente y el área de la cuenca:

$$Kc = 0.28 * \text{Perímetro} / (\text{Area})^{1/2}$$

### **V.- Perfil transversal del cauce principal**

Con la ayuda del curvímeter se tomaron siguiendo el cauce del río, las distancias horizontales, entre las curvas de nivel.

### **VI.- Determinación de la pendiente media del cauce**

a.- Método analítico:

Se determinó el perfil transversal del cauce desde sus cabeceras hasta el punto más bajo del mismo o punto de desagüe a partir del mapa topográfico, se midieron las longitudes acumuladas hasta cada cota dada y se determinó la pendiente de cada uno de los tramos para luego realizar los cálculos, aplicando las siguientes fórmulas:

$$S = (n / \sum S_i^{-1/2})^2$$

$$S_i = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1)$$

b.- Método del pivote:

Este método consiste en trazar una recta desde el punto más bajo de la cuenca (punto de desagüe) que divida el perfil en dos regiones cuyas áreas sean similares, a esta recta se le calcula la pendiente, la cual corresponde a la pendiente media del cauce.

c.- Método gráfico:

Este método consiste en unir el punto más alto con el punto más bajo de la cuenca, y determinar la pendiente de la misma, que correspondería a la pendiente media del cauce principal.

## **VII.- Determinación del orden de los cauces de la cuenca del río Cuira**

Se realizó en papel vegetal (anexo al informe), la copia de la cuenca con todos los cauces afluentes, los cuales se enumeraron desde los más alejados hasta llegar al cauce principal, siguiendo el patrón de Robert Horton.

### **Fase N°2**

En esta fase se determinaron las precipitaciones máximas del río Caroní en Arekuna; para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

**I.-** Se graficó en papel de probabilidades extremas el evento máximo (Precipitaciones máximas) Vs. Probabilidades de excedencia utilizando el método de Gumbell.

Para la realización de esta actividad se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Se ordenó la serie de mayor a menor.
- 2.- Se asignó el número de orden "m", siendo el número 1 el mayor de los datos.

3.- Se calculó el período de retorno, empleándose para ello la siguiente ecuación:

$$T_R = (n + 1) / m$$

siendo n el número total de datos y m el número de orden

4.- Se calcularon las probabilidades de no excedencia de los datos, empleándose para ello la siguiente fórmula:

$$P_{NOC} = (1 - 1/T_R) * 100$$

$$P_{OC} + P_{NOC} = 1 \quad \longrightarrow \quad P_{NOC} = 1 - P_{OC}$$

**II.-** Determinar empleando el método de Factor Frecuencia las precipitaciones máximas para tres períodos de retorno (10, 50, 100 años)

Para ello se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$X_{MAX} = \bar{X} + K * \delta_X \quad \text{Dónde:}$$

$X_{MAX}$  representa el evento máximo

$\bar{X}$  es la media aritmética de la serie y se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

K es la constante factor frecuencia y se calcula empleando la fórmula:

$$K = (Y - \bar{Y}_n) / \delta_n \quad \text{dónde:}$$

Y representa la variable reducida

$\bar{Y}_n$  es la media de la variable reducida

$\delta_n$  es la desviación típica de la variable reducida

$\bar{Y}_n$  y  $\delta_n$  dependen del número de datos, mientras Y depende del período de retorno

$$Y = -\text{Ln} [ -\text{Ln}(1-1/T_R) ]$$

Y  $\delta_x$  es la desviación estándar que se calcula siguiendo la fórmula siguiente:

$$\delta_x = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / (n - 1)}$$

**III.-** Se determinaron las Intensidades máximas, empleando la siguiente relación:

$$I_{MAX} = \text{Precipitación}_{MÁXIMA} / \text{Duración}$$

**IV.-** Se graficó Intensidad Vs. Duración, obteniéndose de esta manera las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para cada uno de los períodos de retorno estudiados.

### Fase N°3

En esta fase se determinaron los valores de precipitación en la estación El Cazabe durante el año 1986, empleando para ello el método del desglobe, siendo la estación patrón La Paragua, para lo cual se siguieron los pasos que se describen a continuación:

- 1.- Se determinó la sumatoria de las precipitaciones en la estación La Paragua, lo que representaba el 100% de las precipitaciones ocurridas en la misma.
- 2.- Se aplicó una regla de tres para determinar los porcentajes relativos a cada día del mes en relación a ese 100%; esta relación quedó determinada de la siguiente manera:

$$\Sigma \text{ Datos La Paragua} \rightarrow 100\%$$

Precipitación del Día → X

La Paragua

3.- Se aplicó el mismo criterio para la estación problema, pues se tiene el total englobado en los días a estudiar, éste total fue considerado el 100% y se aplicó la siguiente regla de tres:

Total Englobado → 100%  
 X → % diario en  
 La Paragua

dónde X representa el valor de la precipitación en la estación El Cazabe.

4.- Se completó la siguiente tabla para cada uno de los meses donde se encontraron datos englobados.

MES/DIA	1	2	3	4	5	6...
EL CAZABE (inicio)						
LA PARAGUA						
%						
EL CAZABE (desenglobados)						

#### Fase N°4

En esta fase se determinó la precipitación media areal en la cuenca del río Caroní, empleando el método del promedio aritmético, el método de los polígonos de Thiessen y el método de las Isoyetas.

#### I.- Método del promedio aritmético

Este método es el más sencillo para el cálculo de la precipitación media en una región determinada, pero el más inexacto debido a que supone que la lluvia está distribuida uniformemente en el área, por lo cual este método es aplicable sólo en regiones llanas. El cálculo de la precipitación media se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{P} = (\sum_{i=1}^n P_i) / n \quad \text{dónde;}$$

$\bar{P}$  : Corresponde a la precipitación media en el área.

$P_i$  : Es la lluvia observada en la estación "i" dentro de la cuenca.

$n$  : Es el # de estaciones dentro del área de estudio.

## **II.- Método de los polígonos de Thiessen**

Este método supone que cada estación tiene un área de influencia dentro de la cuenca definida por un polígono. Entre las ventajas de este método encontramos que el polígono no diferencia la diversidad de la lluvia, por lo que este método es utilizable en relieves poco abruptos, es decir en relieves regulares. Una ventaja de este método consiste en que una vez definido el polígono se puede emplear para calcular cualquier "lluvia" sin importar el año o la época del mes.

El procedimiento a seguir para el trazado de los polígonos es el siguiente:

- 1.- Formar triángulos, cuyos vértices correspondan a las estaciones cuyos datos de precipitación sean conocidos, estos triángulos no deben cruzarse.
- 2.- Levantar perpendiculares por los puntos medios de los lados del triángulo (medianas).
- 3.- Determinar la intersección de las medianas (ortocentro) .
- 4.- Los puntos obtenidos en el paso anterior corresponden a los vértices del polígono.

5.- Se determinó el área de influencia empleando para ello el planímetro polar.

6.- La precipitación media calculada por el método de los polígonos de Thiessen viene dada de la siguiente manera:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot a_i}{\sum a_i} \quad \text{dónde:}$$

$n$  Es el número de estaciones.

$\overline{P}$  Es la precipitación media.

$a_i$  Es el área de influencia de la estación  $i$ .

$P_i$  Es la precipitación total anual en la estación  $i$ .

### **III.- Método de las Isoyetas**

Las isoyetas son líneas que unen puntos de igual altura de lluvia. Este método requiere la experiencia por parte de la persona que trace las isoyetas porque estas deben contemplar topografía, clima vientos, vegetación entre otras características importantes de la región.

Para la determinación de la precipitación media areal mediante este método, se siguieron los siguientes pasos:

1.- Se trazaron las isoyetas en el mapa suministrado, haciendo una aproximación a priori debido a que no se contaba con datos topográficos que respaldaran las suposiciones hechas.

2.- Se determinó la isoyeta media.

3.- Se determinó el área de influencia de cada intervalo de isoyetas

4.- La precipitación media areal se determinó al emplear la siguiente relación:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{I}_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad \text{dónde:}$$

$\bar{P}$  Es la precipitación media.

$\bar{I}_i$  Es la isoyeta media.

$a_i$  Es el área de influencia entre las isoyetas y la divisoria.

### **Fase N°5**

En esta fase se determinaron las demandas brutas para una zona de riego de la estación Macagua, para lo cual se calculó el valor de la ETP mensual empleando diferentes métodos, los cuales se describen a continuación:

#### **1.- Método del Coeficiente Evaporimétrico**

Se determinó la ETP mensual mediante el método del coeficiente evaporimétrico empleando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{ETP} &= \text{Evap.} \times \text{Coef. Evap.} \\ \text{Coef. Evap.} &= 0,785 \end{aligned}$$

#### **2.- Método del Coeficiente de Cultivo**

Se determinó la ETP mensual mediante el método del coeficiente evaporimétrico empleando la siguiente fórmula:

$$\text{ETP} = \text{Evap.} \times \text{Coef. Cultivo}$$

### 3.- Método de Thornthwaite

Para la determinación del ETP por el método de Thornthwaite se siguieron los pasos que se describen a continuación:

3.1.- Se calcula el índice calórico mensual  $i$ , mediante la siguiente fórmula:

$$i = (T / 5)^{1,514}$$

3.2.- Se determina el índice calórico anual  $I$ , aplicando la fórmula:

$$I = \sum i \text{ (Desde Enero a Diciembre)}$$

3.3.- Se determina la constante  $a$  empleando la fórmula.

$$a = 6,751 \times 10e^{-7} * I^3 - 7,71 \times 10e^{-5} * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

3.4.- Se determina el ETP teórico, aplicando la fórmula que sigue:

$$ETP_{\text{TEORICO}} = 1,6 * (10 * T / I)^a$$

3.5.- Se corrige el valor obtenido en el paso anterior, empleando la siguiente fórmula:

$$ETP_{\text{corregido}} = ETP_{\text{TEORICO}} * \text{Factor de Corrección.}$$

el factor de corrección depende de la localización geográfica y las variaciones de temperatura en el mes de estudio (época del año).

### 4.- Método de Thornthwaite Distribuido

Para realizar el cálculo de la ETP por el método de Thornthwaite distribuido se deben seguir los siguientes pasos:

1.- Calcular la ETP por el coeficiente de Thornthwaite (ver método anterior)

2.- Se calcula la sumatoria de las evaporaciones, las cuales equivalen a un 100%, realizando una regla de tres simple con cada una de los valores de las evaporaciones mensuales, obtenemos el porcentaje de evaporación para cada mes, el cual va a ser igual para este caso al porcentaje del ETP distribuido.

3.- Se realiza la sumatoria de los ETP corregidos, los cuales equivalen al 100% de la ETP distribuida.

4.- El porcentaje de evaporación mensual es igual al porcentaje de ETP distribuido, entonces se realiza una regla de tres simple, obteniéndose el valor de la ETP distribuido mensual.

#### **Fase N°6**

En esta fase se determinó el caudal máximo de diseño de una alcantarilla y la altura máxima de diseño de un puente.

Para el cálculo del caudal máximo de diseño se empleó la fórmula racional, debido a que el área de la cuenca era menor a 500 Has. , en la cual no conocíamos la intensidad de la lluvia, la cual calculamos mediante la graficación de la curva de intensidad-duración y frecuencia para un período de retorno de cinco años y un tiempo de concentración que fue calculado al emplear la fórmula

$$T_c = 0.0195*(L^3/H)^{0.385}$$

Y de esta manera al sustituir este valor de intensidad obtenido, se encontró el Caudal máximo de diseño de la alcantarilla.

Para el cálculo de la altura máxima de diseño de un puente, se graficó en primer lugar la curva de gasto con los valores dados en la tabla que presenta los valores del Nivel y el Caudal del río Caroní en Arekuna. Con el caudal obtenido

para un período de retorno de 50 años nos fuimos a la gráfica de la curva de gasto y ubicamos ese valor en la misma, lo que arrojó una altura de diseño, que al sumarlo a la altura libre obtuvimos la altura real de diseño del puente.

## CALCULOS Y RESULTADOS

### Fase N°1

#### I.- Cálculo del área empleando un planímetro

El Planímetro empleado era el número 6389.

$$A = K * \bar{N}$$

$$\bar{N} = \Sigma N_i / n$$

Las lecturas realizadas con el Planímetro en un cuadro del mapa, para determinar la constante K del planímetro, fueron las siguientes:

$$L1 : 5185$$

$$L2 : 5321$$

$$L3 : 5478$$

$$N1 = L2 - L1 = 136$$

$$N2 = L3 - L2 = 157$$

$$\bar{N} = \Sigma N_i / n = 146.5$$

$$K = A / \bar{N}$$

$$K = 16 / 146.5 = 0.109$$

La cuenca se dividió en dos secciones y se determinó el área de cada una de ellas:

$$A_t = A_1 + A_2$$

$$A_1 = K * \bar{N}_1$$

$$L1 = 5615$$

$$L2 = 9626$$

$$L3 = 12323$$

$$L4 = 14590$$

$$A_2 = K * \bar{N}_2$$

$$L1 = 8300$$

$$L2 = 8244$$

$$L3 = 10594$$

$$L4 = 12523$$

$$N1 = L2 - L1 = 4011$$

$$N2 = 2697$$

$$N3 = 2267$$

$$N1 = -56$$

$$N2 = 2350$$

$$N3 = 1929$$

$$\bar{N}_1 = 2991.667$$

$$A1 = K * \bar{N}_1$$

$$A1 = 0.109 * 2991.667$$

$$A1 = 326.092 \text{ Km}^2$$

$$\bar{N}_2 = 1407.667$$

$$A2 = K * \bar{N}_2$$

$$A2 = 0.109 * 1407.667$$

$$A2 = 153.436 \text{ Km}^2$$

$$A_t = A1 + A2 = 479.528 \text{ Km}^2$$

## II.- Determinación del factor forma y del coeficiente de compacidad.

El factor forma viene determinado por la siguiente ecuación:

$$Ff = a / Lax. \rightarrow A = \text{Area de la Cuenca} / Lax. \rightarrow Ff = \text{Area de la cuenca} / Lax^2$$

Dónde:

Ff : Factor Forma

a: Ancho promedio de la cuenca

Lax.: Longitud axial de la cuenca, que equivale a la menor distancia que existe entre el punto más elevado de la cuenca y el desagüe de la misma.

$$Kc = \text{Perímetro de la Cuenca} / 2\sqrt{PIA} \quad \text{Dónde :}$$

Kc : Coeficiente de Compacidad

A : Área de la Cuenca

El cálculo del factor forma y el coeficiente de compacidad para la cuenca del río Cuirá, viene dado por:

$$Ff = \text{Area} / Lax^2 = 479.528 / (35)^2$$

$$Ff = 0.391$$

$$Kc = \text{Perímetro de la cuenca} * 0.28 / \sqrt{A}$$

$$Kc = 112 * 0.28 / \sqrt{479.528}$$

$$Kc = 1.432$$

## III.- Determinación de la pendiente media del cauce principal

### III.1 .- Método Gráfico

Para P1( 0, 1.2) y P2(49.5, 0.2) se tiene la pendiente :

$$m_G = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1)$$

$$m_G = (0.2 - 1.2) / (49.5 - 0)$$

$$m_G = 0.02$$

### III.2 .- Método del pivote

P1 ( 0, 0.5)  
P2 (49.5, 0.2)

$$m_p = 0.2 - 0.5 / 49.5 - 0$$

$$m_p = - 6.06 * 10^{-3}$$

### III.3 Método Analítico

$$S = (n / \sum S_i^{-1/2})^2$$

$$S_i = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1)$$

P1 ( 0, 1.2)  
P2 ( 2.65, 0.79)  
P3 (5.5, 0.67)  
P4 (8.25, 0.57)  
P5 (11, 0.46)  
P6 (13.75, 0.35)  
P7 (16.5, 0.23)  
P8 (19.5, 0.2)  
P9 (23.25, 0.2)  
P10 ( 47, 0.2)

S1 = 0.15  
S2 = 4.36\*10<sup>-2</sup>  
S3 = 3.63\*10<sup>-2</sup>  
S4 = 0.04  
S5 = 0.04  
S6 = 0.04  
S7 = 4.36\*10<sup>-2</sup>  
S8 = 0.01  
S9 = 0  
S10 = 0  
S11 = 0

$$m = (11 / \sum S_i)^2$$

$$\sum S_i = 42.369$$

$$m = (11 / 54.286)^2$$

$$m = 0.067404$$

### IV.- Determinación del orden de las corrientes

Para la determinación del orden de las corrientes se siguió el método de Robert Horton, obteniéndose que el orden de las corrientes es cinco (5)

## Fase N°2

Para graficar en papel de probabilidades extremas el evento máximo (Precipitaciones máximas) Vs. Probabilidades de excedencia utilizando el método gráfico, se emplearon los siguientes valores:

**Tabla #1**  
**DATOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR,  $T_R$  Y**  
**PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA**

DURACION					ORDEN (m)	$T_R$	$P_{NOEXCEDENCIA}$
30'	60'	120'	180'	360'			
57	72	99	109	133	1	22	95,45%
56	71	90	94	121	2	11	90,91%
50	70	89	93	113	3	7,33	86,36%
48	70	89	92	109	4	5,5	81,82%
47	68	88	89	104	5	4,4	77,27%
44	68	79	83	94	6	3,667	72,73%
42	67	77	80	91	7	3,143	68,18%
42	61	74	78	90	8	2,75	63,64%
42	61	73	75	89	9	2,44	59,02%
42	57	69	74	80	10	2,2	54,55%
41	51	63	74	79	11	2	50,00%
41	49	63	68	78	12	1,833	45,44%
40	49	62	68	78	13	1,692	40,90%
40	48	61	65	76	14	1,571	36,35%
38	48	57	64	68	15	1,467	31,83%
37	47	56	60	65	16	1,375	27,27%
36	45	54	58	58	17	1,294	22,72%
35	44	53	57	58	18	1,222	18,17%
34	44	48	54	57	19	1,158	13,64%
32	44	46	48	51	20	1,1	9,09%
30	38	45	46	48	21	1,048	4,58%

Determinar empleando el método de Factor Frecuencia las precipitaciones máximas para tres períodos de retorno (10, 50, 100 años)

**Cálculo Tipo del factor frecuencia para la duración 30':**

$$K = (Y - \bar{Y}_n) / \delta_n$$

De la tabla:

para el número de datos igual a 21 se tiene que

$$Y_n = 0.5252$$

$$\delta_n = 1.0696$$

y para un período de retorno igual a 10 años

$$Y = 2.2504$$

Se tiene que:

$$K_{10 \text{ AÑOS}} = (2.2504 - 0.5252) / 1.0696$$

$K_{10 \text{ AÑOS}} = 1.613$
-------------------------------

Los valores respectivos de  $\bar{X}$  y  $\delta_x$  fueron calculados empleando las fórmulas mostradas anteriormente, estos resultados fueron los siguientes:

$$\bar{X} = 41.6$$

$$\delta_x = 7.03$$

Entonces sustituyendo en la fórmula para el evento máximo obtenemos:

$$X_{\text{MAX (10 AÑOS)}} = \bar{X} + K * \delta_x$$

$$X_{\text{MAX (10 AÑOS)}} = 41.6 + (1.613 * 11.27)$$

$$X_{\text{MAX (10 AÑOS)}} = 52.94$$

Para determinar la Intensidad máxima se empleó la siguiente relación:

$$I_{\text{MAX}} = \text{Precipitación}_{\text{MÁXIMA}} / \text{Duración}$$

La intensidad máxima para un período de retorno de 10 años y una duración de 30' ( 30 minutos = 1/2 hora = 0.5 horas) corresponde a:

$$I_{\text{MAX (10 AÑOS)}} = 52.93 / 0.5$$

$$I_{\text{MAX (10 AÑOS)}} = 105.88$$

Luego se calcularon los valores de precipitación e intensidad máximas para los diferentes períodos de retorno y las diferentes duraciones, siguiendo el esquema anterior.

**Tabla #2**  
**PRECIPITACIONES MAXIMAS**

		DURACION				
		AÑOS (T <sub>R</sub> )	30'	60'	120'	180'
PRECIPITACIONES MAXIMAS	10	52,94	73,98	94,40	99,54	120,82
	50	63,79	91,38	119,35	125,12	157,16
	100	68,38	98,72	129,87	135,91	172,48

**Tabla #3**  
**INTENSIDADES MAXIMAS**

		DURACION				
		AÑOS (T <sub>R</sub> )	30'	60'	120'	180'
INTENSIDADES MAXIMAS	10	105,88	73,98	47,20	33,18	20,14
	50	127,58	91,38	59,67	41,71	26,19
	100	136,76	98,72	64,93	45,30	28,75

**Fase N°3**

**Cálculo tipo de las precipitaciones en la estación El Cazabe para el día 2 de Enero:**

$$\Sigma \text{ Datos La Paragua} = 7.8 \rightarrow 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Precipitación del Día} &\rightarrow X \\ \text{La Paragua} &= 2 \end{aligned}$$

$$X = 26\%$$

Con ese porcentaje y el total englobado (4.4#) calculamos el valor de la precipitación en la estación El Cazabe, de la siguiente manera:

$$\text{Total Englobado} = 4.4 \rightarrow 100\%$$

$$\begin{aligned} X &\leftarrow \% \text{ diario en} \\ &\text{La Paragua} = 26\% \end{aligned}$$

$$X = 1.144$$

A continuación se muestra una tabla resumen de las precipitaciones en El Cazabe para los meses en los cuales se encontraron datos englobados.

**MES: ENERO**

Enero/ Día	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>El Cazabe inicio</b>	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	4.4 #
<b>La Paragua</b>	2	0	0	0.1	0.6	3.5	0	0	0	0	0	1.4	0	0
<b>%</b>	26	0	0	1.3	7.8	46	0	0	0	0	0	13.4	0	0
<b>El Cazabe</b>	1.14	0	0	0.06	0.34	2.02	0	0	0	0	0	0.59	0	0

**MES: MAYO**

MAYO/DIA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>El Cazabe inicio</b>	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
<b>La Paragua</b>	22.3	2.1	9	39.8	1.5	0	0	0	2.5	0	0	0.9
<b>%</b>	18.7	1.76	7.54	33.4	1.26	0	0	0	2.1	0	0	0.75
<b>El Cazabe</b>	22	2.07	8.88	39.3	1.48	0	0	0	2.47	0	0	0.89

MAYO/DIA	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>El Cazabe inicio</b>	#	#	#	#	#	#	#	117.7 #
<b>La Paragua</b>	1.6	9.4	0	0	0	0	19.4	10.8
<b>%</b>	1.34	7.88	0	0	0	0	16.3	9.05
<b>El Cazabe</b>	1.58	9.27	0	0	0	0	19.1	10.7

**MES: AGOSTO**

AGOSTO/DIA	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>El Cazabe inicio</b>	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	9.3#
<b>La Paragua</b>	0	10	0.8	0.5	8.3	9.5	0	0	0	0	16.4
<b>%</b>	0	22	1.76	1.1	18.2	20.9	0	0	0	0	36
<b>El Cazabe</b>	0	2.04	0.16	0.1	1.7	1.94	0	0	0	0	3.35

**MES: SEPTIEMBRE**

SEPT./DIA	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>El Cazabe inicio</b>	#	#	#	#	#	#	#	#	175.7 #
<b>La Paragua</b>	0	0	9,2	10	100.2	0	1,1	1,7	0
<b>%</b>	0	0	7,53	8,18	82	0	0,9	1,39	0
<b>El Cazabe</b>	0	0	13,2	14,4	144	0	1,58	2,44	0

MES: MARZO

MARZO/DIA	23	24
El Cazabe inicio	#	153.3 #
La Paragua	0	0,4
%	0	100
El Cazabe	0	153

MARZO/DIA	29	30
El Cazabe inicio	#	26#
La Paragua	0	0
%	0	0
El Cazabe	0	0

MES: JUNIO

JUNIO/DIA	8	9	10	11	12	13	14	15
El Cazabe inicio	#	#	#	#	#	#	#	26,1#
La Paragua	15,8	10,3	0	0	0	0	6,9	38,5
%	22,1	14,4	0	0	0	0	9,65	53,8
El Cazabe	5,77	3,76	0	0	0	0	2,52	14,1

JUNIO/DIA	16	17	18
El Cazabe inicio	#	#	1,8#
La Paragua	0	0	0
%	0	0	0
El Cazabe	0	0	0

MES: JULIO

JULIO/DIA	1	2
El Cazabe inicio	#	37,6#
La Paragua	29,9	11,9
%	71,5	28,5
El Cazabe	26,9	10,7

MES: **OCTUBRE**

OCTUBRE/DIA	27	28
El Cazabe inicio	#	32,8#
La Paragua	5,3	45,5
%	10,4	89,6

MES: **OCTUBRE-NOVIEMBRE**

OCT.-NOV./DIA	29	30	31	1	2	3	4
El Cazabe inicio	#	#	#	#	#	#	16,8#
La Paragua	29,1	0	0	41,8	18,3	11,7	0
%	28,8	0	0	41,4	18,1	11,6	0
El Cazabe	4,85	0	0	6,96	3,05	1,95	0

Fase N<sup>o</sup>4

I. Cálculos realizados por el método del promedio aritmético:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{20} P_i}{N} \longrightarrow \overline{P} = \frac{49.873,7}{18}$$

$$\overline{P} = 2770,761 \text{ mm} *$$

\* No se consideraron las estaciones de San Rafael de Camoiran y Upata, por encontrarse fuera de la divisoria de la cuenca.

## II. Cálculos realizados por el método de los polígonos de Thiessen

Tabla #4

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm)	AREA DE INFLUENCIA Km <sup>2</sup>	PRECIP* AREA DE INFLU.
AREKUNA	2592	29	7516.8000
ARIPICHI	2933,6	29	8507.4400
CARAPO	3573,2	19.5	6967.7400
CARONÍ	1259,4	4.5	566.7300
EL CAZABE	2251,4	10	225.14000
LAS BABAS	1273,2	23	292.83600
GUAIGUATÁ	4035,8	13	524.65400
GUAINA	4047,8	16.5	667.88700
GUAQUINIMITA	2829,4	70	198.05800
KARUM	3924,4	9	353.19600
KAVANAYEN	2519,2	15.5	390.47600
MAHIGIA	3108,4	39.5	122.781800
PARAGUA	1667,6	17.5	29.183000
PARUPA	1446,5	9	13.018500
S.IGN.DE YURMANI	1903	22	41.866000
TONORO	3283,5	9	29.551500
URIMÁN	4152,6	22.5	93.433500
WONKEN	3072,9	23	70.676700

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{18} P_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^{18} a_i} \longrightarrow \bar{P} = \frac{901.3228 \text{ mm}}{318.5}$$

$$\bar{P} = 2829,899 \text{ mm}$$

### III. Cálculos y resultados obtenidos al aplicar el método de las isoyetas:

Tabla # 5

ISOYETAS	ISOYETA MEDIA	AREA DE INFLUENCIA	ISOY.MED* AREA INFLU.
> 4000	4059,05	14,5	58856,225
4000 - 3500	3750	47	176250
3500- 3000	3250	57	185250
3000 - 2500	2750	63,5	174625
2500 - 2000	2250	59	132750
2000 - 1500	1750	62	108500
1500 - 1000	1259,4	25	31485
	$\Sigma =$	328	867716,225

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{I}_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \longrightarrow \bar{P} = \frac{8.67716.225}{328}$$

$$\bar{P} = 2645.476 \text{ mm}$$

#### FASE N° 5

##### Cálculos y resultados obtenidos:

##### I. Aplicando el Método de ETP por coeficiente de evapométrico

$$ETP = \text{Evap.} \times \text{Coef. Evap.}$$

$$\text{Coef. Evap} = 0,785$$

Cálculo Tipo.

$$ETP \text{ Enero} = 167,1 \times 0,785 = 131,1735$$

➤ Los demás resultados en la Tabla # 6

##### II. Aplicando el Método de Coeficiente de Cultivo.

$$ETP = \text{Evap.} \times \text{Coef. Cultivo}$$

Cálculo Tipo.

$$\text{ETP Enero} = 167,1 \times 0,40 = 66,840$$

$$\text{ETP Enero} = 66,840$$

➤ Los demás resultados en la Tabla #7

### III. Aplicando el Método de ETP Thornthwite

Para calcular el ETP por medio de THORNTWITE hay que utilizar varias fórmulas.

$$A. i = (T / 5)^{1,514} \text{ Índice Calórico Mensual}$$

$$B. I = \sum i \text{ Índice Calórico Anual ( Desde Enero a Diciembre)}$$

$$C. \text{ETP}_{\text{TEORICO}} = 1,6 * (10 * T / I)^a \text{ (Cms.)}$$

$$D. a = 6,751 \times 10e^{-7} * I^3 - 7,71 \times 10e^{-5} * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

$$E. \text{ETP}_{\text{corregido}} = \text{ETP}_{\text{TEORICO}} * \text{Factor de Corrección.}$$

#### Cálculo Tipo

Índice Calóricos (Tabla #8)

$$i_{\text{ENERO}} = (25.9/5)^{1.514} = 12.064$$

$$i_{\text{ENERO}} = 12.064$$

$$I = \sum i = 153.874$$

$$A = 6.751 * 10E(-7) * (153.874)^3 - 7.71 * 10E(-5) * (153.874)^2 + 0.01792 * (153.874) + 0.49239 = 0.3884$$

$$A = 0.3884$$

$$E.T.P._T = 1.6 * (10 * 25.9 / 153.874)^{0.3884} = 12.089$$

$$E.T.P._T = 12.089$$

$$E.T.P._C = 12.089 * 0.998 * 10 = 120.65$$

$$E.T.P._C = 120.65$$

➤ Los demás resultados en la Tabla # 9

#### IV.- Aplicando Thornthwite Distribuido

##### Cálculos tipo:

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{Evaporaciones} \Rightarrow 100\% \qquad \qquad \qquad 2127.6 \Rightarrow 100\% \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \% = 7.854 \\ \text{Evap/mensual} \Rightarrow \% \qquad \qquad \qquad 167.1 \Rightarrow \% \end{array}$$

$$\Sigma \text{ETP} \Rightarrow 100\%$$

$$\Rightarrow X_{\text{ENERO}} = 137.282 \text{ (E.T.P. Distribuido)}$$

$$X \Rightarrow 7.854$$

$$\text{ETP}_{\text{DISTRIBUIDO ENERO}} = 137.282.$$

➤ Los demás resultados en la Tabla # 10

#### Cálculos Realizados para Balance Hídrico para el Coef. de Cultivo.

$$\text{Agua Disponible} = \text{Precipitación}_{\text{MES}} + \text{Almacenamiento}_{\text{MES ANTERIOR}}$$

$$\text{Almacenamiento}_{\text{MES}} = \text{A.D} - \text{E.T.R.}$$

$$\text{SI A.D} > \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = \text{ETP}$$

$$\text{SI A.D} < \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = \text{A.D} \quad \text{Y ALM} = 0$$

##### Septiembre:

$$\text{A.D} = 92,3 + 100 = 192,300$$

$$\text{ALM} = 192,300 - 155,88 = 36,420$$

$$\text{Def.} = 0$$

$$\text{Exc.} = 0$$

##### Octubre:

$$\text{AD} = 86,8 + 36,420 = 123,220$$

$$\text{ALM} = 123,220 - 123,220 = 0$$

$$\text{DEF} = 141,280 - 123,220 = 18,060$$

$$\text{EXC} = 0$$

**Noviembre**

$$\text{AD} = 84,7 + 0 = 84,7$$

$$\text{ALM} = 84,7 - 83,7 = 1,595$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Diciembre**

$$\text{AD} = 55,3 + 1,595 = 56,895$$

$$\text{ALM} = 56,895 - 29,780 = 27,115$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Enero**

$$\text{AD} = 40,6 + 27,115 = 67,715$$

$$\text{ALM} = 67,715 - 66,840 = 0,875$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Febrero**

$$\text{A.D} = 22,1 + 0,875 = 22,295$$

$$\text{ALM} = 22,295 - 22,295 = 0$$

$$\text{DEF.} = 136,072 - 22,1 = 113,097$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Marzo**

$$\text{A.D} = 11,5 + 0 = 11,5$$

$$\text{ALM} = 11,5 - 11,5 = 0$$

$$\text{DEF.} = 216,090 - 11,5 = 204,590$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Abril**

$$\text{A.D} = 30,7 + 0 = 30,7$$

$$\text{ALM} = 30,7 - 30,7 = 0$$

$$\text{DEF.} = 188,080 - 30,7 = 157,380$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Mayo**

$$\text{A.D} = 114,1 + 0 = 114,1$$

$$\text{ALM} = 114,1 - 110,385 = 3,715$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 0$$

**Junio**

$$\text{A.D} = 209,7 + 3,715 = 213,415$$

$$\text{ALM} = 231,415 - 29,180 = 184,235$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 184,235 - 100 = 84,235$$

**Julio**

$$\text{A.D} = 207,300 + 100 = 307,300$$

$$\text{ALM.} = 307,300 - 58,720 = 248,580$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 248,580 - 100 = 148,580$$

**Agosto**

$$\text{A.D} = 265,3 + 100 = 365,3$$

$$\text{ALM.} = 365,300 - 113,442 = 251,858$$

$$\text{DEF.} = 0$$

$$\text{EXC.} = 251,858 - 100 = 151,858$$

➤ Balance Hídrico Tabla #11

**Cálculos realizados para la obtención de las Demandas Brutas.**

**Para el balance Hídrico con el ETP coeficiente de cultivo.**

Eficiencia del Sistema de Riego

$$\text{Efic.} = D.N / D.B$$

$$DN = \text{Lámina de Déficit} \times \text{Area}$$

$$\text{Efic.} = 0,8$$

Area de la Cuenca = 200 Ha.

**TABLA DE DEMANDAS BRUTAS**

MESES	DEFICIT	DN	DB(M <sup>3</sup> )
MARZO	113,316	226632	283290
ABRIL	204,59	409180	511475
MAYO	157,38	314760	393450
OCTUBRE	18,06	36120	45150

**Cálculos realizados para la obtención de las Demandas Brutas.**

**Para el balance Hídrico con el ETP por Thornthwite Distribuido**

Balance Hídrico Tabla # 12

Eficiencia del Sistema de Riego

$$\text{Efic.} = D.N / D.B$$

$$DN = (\text{Lámina de Déficit} \times 10^{-3}) \times (\text{Area} \times 10^4)$$

$$\text{Efic.} = 0,8$$

Area de la Cuenca = 200 Ha.

**TABLA DE DEMANDAS BRUTAS**

MESES	DEFICIT	DN	DB(M <sup>3</sup> )
ENERO	96,68035	193360,7	241700,875
FEBRERO	131,28265	262565,3	328206,625
MARZO	185,75321	371506,42	464383,025
ABRIL	162,44548	324890,96	406113,7
MAYO	50,784298	101568,596	126960,745
OCTUBRE	8,276818	16553,636	20692,045
NOVIEMBRE	39,435612	78871,224	98589,03
DICIEMBRE	67,028211	134056,422	167570,528

TABLA #6

Meses	Coefficiente Evaporimétrico.	Evaporación	ETP
Enero	0,785	167,1	131,1735
Febrero	0,785	186,7	146,5595
Marzo	0,785	240,1	188,4785
Abril	0,785	235,1	184,5535
Mayo	0,785	200,7	157,5495
Junio	0,785	145,9	114,5315
Julio	0,785	146,8	115,238
Agosto	0,785	155,4	121,989
Septiembre	0,785	173,2	135,962
Octubre	0,785	176,6	138,631
Noviembre	0,785	151,1	118,6135
Diciembre	0,785	148,9	116,8865

TABLA #7

Meses	Coef. Cultivo.	Evaporación	ETP
Enero	0,4	167,1	66,84
Febrero	0,73	186,7	136,291
Marzo	0,9	240,1	216,09
Abril	0,8	235,1	188,08
Mayo	0,55	200,7	110,385
Junio	0,2	145,9	29,18
Julio	0,4	146,8	58,72
Agosto	0,73	155,4	113,442
Septiembre	0,9	173,2	155,88
Octubre	0,8	176,6	141,28
Noviembre	0,55	151,1	83,105
Diciembre	0,2	148,9	29,78

**Tabla #8**

<b>Meses</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Indice Calórico Mensual</b>
Enero	25,9	12,06410911
Febrero	26,5	12,48974773
Marzo	27,7	13,35591922
Abril	28,6	14,01837223
Mayo	28,1	13,64899837
Junio	26,4	12,41846046
Julio	26,1	12,20543161
Agosto	26,4	12,41846046
Septiembre	27,3	13,06500743
Octubre	27,5	13,21019146
Noviembre	26,9	12,77627836
Diciembre	26,1	12,20543161
Sumatoria I.C.		153,876408

Ver gráfico #3 -Comparación de ETP-

Tabla N°9 y 10

Mes	Evap.	Temp.	Factor de Corr.	ETP T.S.C	ETP T.Corregido	%	ETPD
Enero	167,1	25,9	0,998	12,0892519	120,650734	7,85391991	137,28035
Febrero	186,7	26,5	0,918	13,21387182	121,3033433	8,775145704	153,38265
Marzo	240,1	27,7	1,033	15,69403021	162,1193321	11,28501598	197,25321
Abril	235,1	28,6	1,027	17,76923352	182,4900282	11,0500094	193,14548
Mayo	200,7	28,1	1,086	16,59275078	180,1972735	9,433164129	164,88430
Junio	145,9	26,4	1,058	13,02125284	137,7648551	6,85749201	119,86357
Julio	146,8	26,1	1,087	12,45589287	135,3955555	6,899793194	120,60296
Agosto	155,4	26,4	1,071	13,02125284	139,4576179	7,304004512	127,66826
Septiembre	173,2	27,3	1,018	14,83196869	150,9894413	8,140627938	142,29178
Octubre	176,6	27,5	1,027	15,2584793	156,7045824	8,300432412	145,08504
Noviembre	151,1	26,9	0,974	14,00557529	136,4143033	7,101898853	124,13561
Diciembre	148,9	26,1	0,999	12,45589287	124,4343698	6,998495958	122,32821
Sumatoria	2127,6				1747,921437		

Tabla N°11

## Balance Hídrico Coeficiente de Cultivo

Meses	Evaporación	Coef. de Cultivo.	Precipitación	ETP	ETR	Agua Disponible.	Alm..	Déficit	Exceso
Enero	167,1	0,4	40,6	66,84	66,84	67,715	0,875	0	0
Febrero	186,7	0,73	22,1	136,291	22,975	22,975	0	113,316	0
Marzo	240,1	0,9	11,5	216,09	11,5	11,5	0	204,59	0
Abril	235,1	0,8	30,7	188,08	30,7	30,7	0	157,38	0
Mayo	200,7	0,55	114,1	110,385	110,385	114,1	3,715	0	0
Junio	145,9	0,2	209,7	29,18	29,18	213,415	100	0	84,235
Julio	146,8	0,4	207,3	58,72	58,72	307,3	100	0	148,58
Agosto	155,4	0,73	265,3	113,442	113,442	365,3	100	0	151,858
Septiembre	173,2	0,9	92,3	155,88	155,88	192,3	36,42	0	0
Octubre	176,6	0,8	86,8	141,28	123,22	123,22	0	18,06	0
Noviembre	151,1	0,55	84,7	83,105	83,105	84,7	1,595	0	0
Diciembre	148,9	0,2	55,3	29,78	29,78	56,895	27,115	0	0

Tabla Nº 12

## Balance Hídrico E.T.P Distribuido

Meses	Precip. (mm.)	ETP T DIST.	ETR	Agua Disee.	Alm.	Déficit	Exceso
Enero	40,6	137,28035	40,6	40,6	0	96,68035	0
Febrero	22,1	153,38265	22,1	22,1	0	131,28265	0
Marzo	11,5	197,25321	11,5	11,5	0	185,75321	0
Abril	30,7	193,14548	30,7	30,7	0	162,44548	0
Mayo	114,1	164,88430	114,1	114,1	0	50,784298	0
Junio	209,7	119,86357	119,86	209,7	89,836427	0	0
Julio	207,3	120,60296	120,6	297,136427	100	0	76,533
Agosto	265,3	127,66826	127,67	365,3	100	0	137,63
Septiembre	92,3	142,29178	142,29	192,3	50,008219	0	0
Octubre	86,8	145,08504	136,81	136,808219	0	8,276818	0
Noviembre	84,7	124,13561	84,7	84,7	0	39,435612	0
Diciembre	55,3	122,32821	55,3	55,3	0	67,028211	0

Cuadro comparativo de E.T.P

Mes	Precip.	Evap.	Temp.	Coef. De Cult.	Factor de Corrección	ETP Coef. Evap.	ETP Coef. Cult.	ETP T.S.C	ETP T.Corregido	%	ETPD
Ene.	40,6	167,1	25,9	0,4	0,998	131,1735	66,84	12,0892519	120,650734	7,85391991	137,28035
Feb.	22,1	186,7	26,5	0,73	0,918	146,5595	136,291	13,2138718	121,3033433	8,775145704	153,38265
Mar.	11,5	240,1	27,7	0,9	1,033	188,4785	216,09	15,6940302	162,1193321	11,28501598	197,25321
Abril	30,7	235,1	28,6	0,8	1,027	184,5535	188,08	17,7692335	182,4900282	11,0500094	193,14548
Mayo	114,1	200,7	28,1	0,55	1,086	157,5495	110,385	16,5927507	180,1972735	9,433164129	164,88430
Junio	209,7	145,9	26,4	0,2	1,058	114,5315	29,18	13,0212528	137,7648551	6,85749201	119,86357
Julio	207,3	146,8	26,1	0,4	1,087	115,238	58,72	12,4558928	135,3955555	6,899793194	120,60296
Agost.	265,3	155,4	26,4	0,73	1,071	121,989	113,442	13,0212528	139,4576179	7,304004512	127,66826
Sept.	92,3	173,2	27,3	0,9	1,018	135,962	155,88	14,8319686	150,9894413	8,140627938	142,29178
Oct.	86,8	176,6	27,5	0,8	1,027	138,631	141,28	15,2584793	156,7045824	8,300432412	145,08504
Nov.	84,7	151,1	26,9	0,55	0,974	118,6135	83,105	14,0055752	136,4143033	7,101898853	124,13561
Dic.	55,3	148,9	26,1	0,2	0,999	116,8865	29,78	12,4558928	124,4343698	6,998495958	122,32821
Σ		2127,6							1747,921437		



HIDROLOGÍA - CUENCA DEL RÍO QUIRA

ROSARIO FERNÁNDEZ PAGRE - CI. 1332670



**HIDROLOGIA 1701**  
**Dpto. de Meteorología e Hidrología**

**SUBCUENCAS DEL RIO TUY**

ESCALA = 1:100.000

MAPA BASE HOJAS NUMEROS

6845 — 6846

6945 — 6946

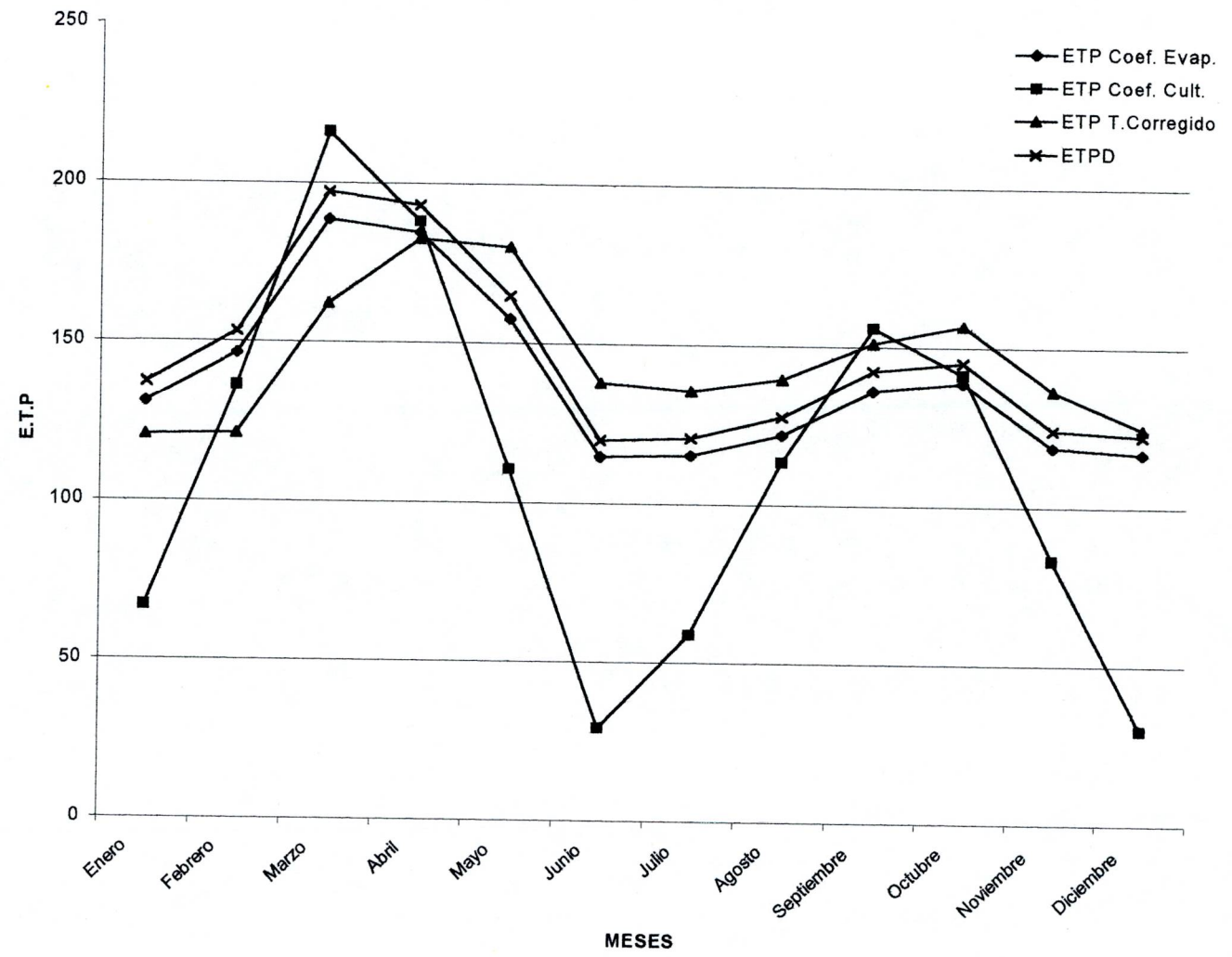
D.C. N.

Material de Práctica para ser usado sólo con fines docentes.  
 Dib. C. Valero

19 ENTEROS → 194  
 25 DECIM. → 12

d. e. p.  
 1cm → 100.000cm  
 0/4 CUADRO AREA APROX. DE 16 Km<sup>2</sup>.  
 AREA APROXIMADA = 500 Km<sup>2</sup>

GRAFICO COMPARATIVO DE E.T.P



**Fase N°6**

Cálculos realizados para determinar el caudal máximo que pasará a través de una alcantarilla.

*Datos*

Q (Caudal Máximo de Diseño) = ?

Area Cuenca = 400 Ha.

I = ?

Longitud del Cauce = 3000 m.

H (Desnivel) = 200 m.

Tc. (Tiempo de concentración) = ?

$$Tc = 0.0195 * ((3000 \text{ m})^3 / 200 \text{ m})^{0.385} =$$

$$Tc = 26,32 \text{ min} = Tc = 0,44 \text{ H}$$

Para calcular la intensidad de la lluvia construimos la curva de I-D-F para un Período de Retorno de 5 años

$$K_{5 \text{ años}} = (1,499 - 0,5252) / 1.0696 = \quad \mathbf{K_{5 \text{ años}} = 0,9104}$$

Cálculos de las intensidades máximas

Tr = 5 años

D = 0,5 h

$$LL_{\text{máx.}} = 41,62 + (0,9104) * (7,03) = 48,02 \text{ mm.}$$

$$I = 48,02 \text{ mm} / 0,5 \text{ h} = \mathbf{96,04 \text{ mm/h}}$$

$$D = 1 \text{ h}$$

$$LL \text{ máx.} = 55,81 + (0,9104) * (11,27) = 66,07 \text{ mm.}$$

$$I = 66.07 \text{ mm/h}$$

$$D = 2 \text{ h}$$

$$LL \text{ máx.} = 68,33 + (0,9104) * (16,159) = 83,037 \text{ mm.}$$

$$I = 83,037 \text{ mm} / 2 \text{ h} = 41,519 \text{ mm/h}$$

$$D = 3 \text{ h}$$

$$LL \text{ máx.} = 12,81 + (0,9104) * (16,573) = 87,890 \text{ mm}$$

$$I = 87,890 \text{ mm} / 3 \text{ h} = 29,297 \text{ mm/h}$$

$$D = 6 \text{ h}$$

$$LL \text{ máx.} = 82.809 + (0.9104) * (23.536) = 104.226 \text{ mm}$$

$$I = 104.226 \text{ mm} / 6 \text{ h} = 17.37 \text{ mm/h}$$

Véase Gráfica #4 I-D-F para un  $Tr = 5$  años

$$T_c = 0,44 \text{ h}$$

$$I_5 = 101.1 \text{ mm/h}$$

$$Q = 0.35 * [(101.1 * 10^{-3}) \text{ m}] / (3600 \text{ seg.}) * 400 \text{ Has} * 10^4 \text{ m}^2$$

$$Q = 39.317 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**Cálculos para determinar la altura de diseño de un puente.**

En la determinación de la altura de un puente emplearemos la siguiente fórmula:

$$H_{\text{PUENTE}} = H_{\text{CURVA DE GASTOS}} + H_{\text{B LIBRE}}$$

Dónde la  $H_{\text{CURVA DE GASTOS}}$  corresponde a la altura obtenida de la gráfica de la curva de gastos para un caudal con un período de retorno de 50 años y  $H_{\text{B LIBRE}}$  que es dato y es igual a 1.50 m; aplicamos lo estudiado en las fases anteriores de eventos extremos y obtenemos lo siguientes valores para los caudales máximos:

$$Q_{\text{MAX.}} = \bar{Q} + K * \delta_A$$

$$K = (Y * Y_N) / \sigma_n$$

$$K_{50} = (3.9019 - 0.5196) / 1.0495 \longrightarrow K_{50} = 3.23$$

$$K_{25} = (3.1985 - 0.5196) / 1.0495 \longrightarrow K_{50} = 2.56$$

$$K_{100} = (4.6001 - 0.5196) / 1.0495 \longrightarrow K_{50} = 3.89$$

$$Q_{\text{MAX.}} = 3020.555 + 2.56 * 647.85 = 4679.046 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{MAX.}} = 3020.555 + 3.23 * 647.85 = 5113.1105 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{MAX.}} = 3020.555 + 3.89 * 647.85 = 5540.6915 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tr	Q (m <sup>3</sup> /s)
25	4679.046
50	5113.1105
100	5540.6915

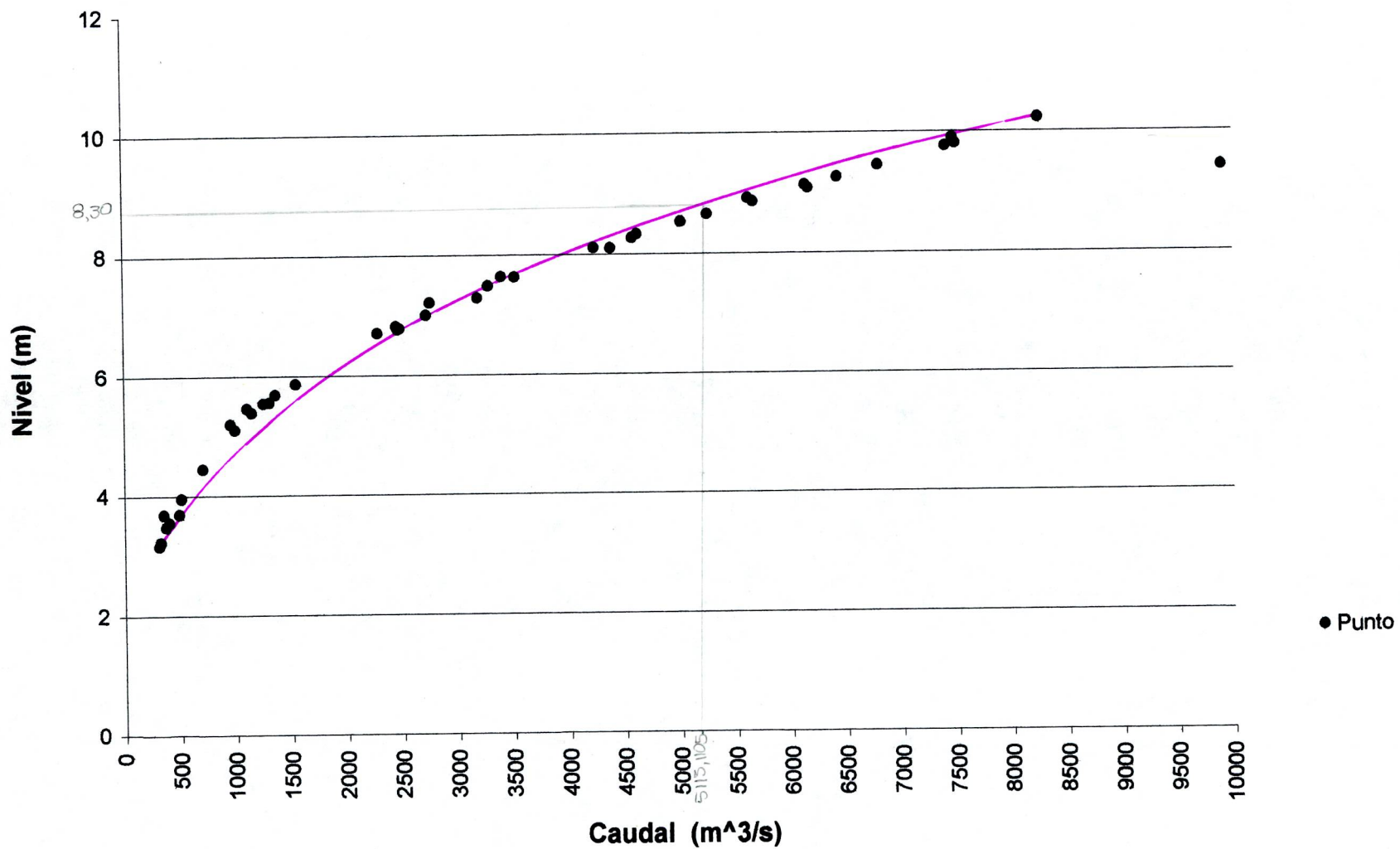
El caudal para un período de retorno igual a 50 lo llevamos a la curva de gastos (gráfico #2) y encontramos el valor de su altura.

$$H_{\text{PUENTE}} = H_{\text{CURVA DE GASTOS}} + H_{\text{B LIBRE}}$$

$$H_{\text{PUENTE}} = 8.30 \text{ m} + 1.5 \text{ m}$$

$$H_{\text{PUENTE}} = \mathbf{9.80 \text{ m}}$$

## Curva de Gastos



## ANALISIS DE RESULTADOS

### Fase N°1

El área calculada mediante el Planímetro se asemeja a la estimada inicialmente. Según los valores de  $F_f$  y  $K_c$  al compararlos con los de una cuenca circular, podemos afirmar que la cuenca es poco propensa a producir creciente. La pendiente media del cauce principal nos permite decir que no es un río que se desplace a grandes velocidades, la diferencia de la pendiente media del cauce calculada por el método analítico difiere mucho de los valores obtenidos por el método gráfico y el método del pivote.

### Fase N°2

La determinación de las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno se puede calcular entre otras formas por el método gráfico y el método analítico.

El método gráfico se basa en el cálculo de la probabilidad de no excedencia y su posterior comparación con los valores de precipitaciones máximas, haciéndose esto mediante una gráfica en papel (en el caso de esta práctica) de probabilidades extremas de Gumbell.

El método analítico toma más factores en cuenta que el método gráfico y los relaciona mediante la aplicación de ecuaciones estadísticas.

Al comparar ambos métodos obtenemos que el método analítico es más preciso y confiable en el estudio de las precipitaciones máximas.

### Fase N°3

La estimación de datos englobados mensuales fue realizada empleando el método del desenglobe para la estación problema El Cazabe y tomando como patrón la estación La Paragua, éste método es de fácil aplicación y puede aplicarse a cualquier estación, siempre y cuando la estación patrón sea cercana y tenga registros de los datos para el período faltante en la estación problema.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que el mes donde hubo una mayor precipitación en la estación El Cazabe fue durante el mes de marzo, pues se registró el día 24 de ese mes una precipitación de 153.3 mm.

#### **Fase N°4**

De los tres métodos utilizados, consideramos que el que ofrece mayores limitaciones es el método aritmético, ya que no se considera la topografía y las características de la cuenca, y debido a la diversidad topográfica de la cuenca del río Caroní, se hace verdaderamente importante tomar en consideración la topografía de la cuenca, si se desea obtener un buen resultado.

El método de los polígonos de Thiessen, es más preciso que el método aritmético, ya que considera las características de la cuenca y le otorga un factor de peso a cada estación, con respecto a su área de influencia, es decir, nos provee un indicativo de la influencia que ejerce cada estación en un área determinada.

Por último concluimos que el mejor método utilizado es el método isoyético, debido a que toma en cuenta las cantidades de precipitación ocurrida, su distribución y los factores terrestres que la afectan.

El cálculo de las áreas de influencia tanto en el método de los polígonos de Thiessen, así como también en el de las isoyetas se realizó mediante la utilización de una plantilla y no por medio de un planímetro polar, lo que le introdujo un

margen de error considerable al cálculo de la precipitación media por estos métodos.

### **Fase N°5**

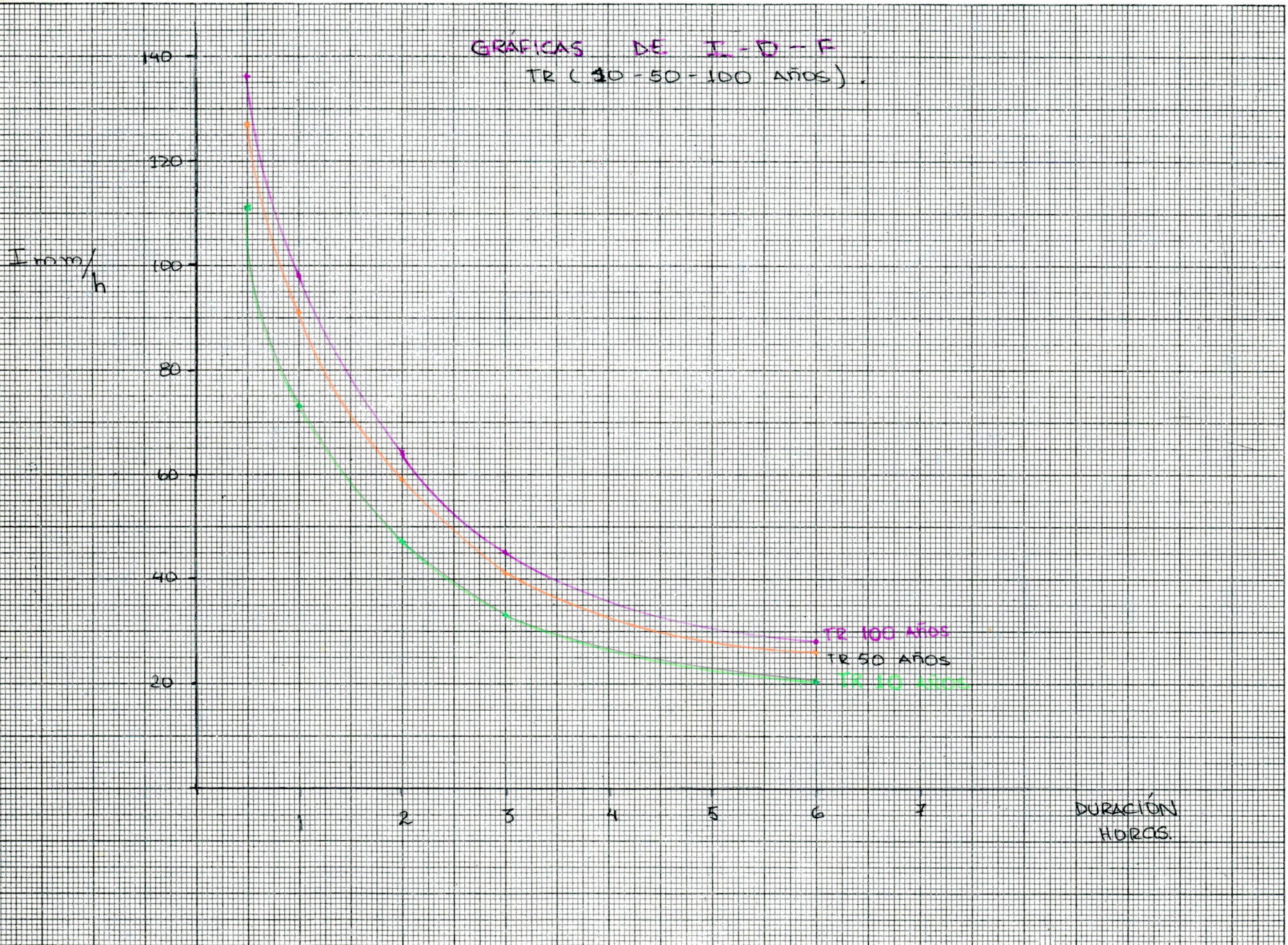
Podemos decir que al comparar las demandas brutas calculadas por ETP de cultivo, los resultados obtenidos fueron mucho más precisos que las demandas brutas obtenidas por ETP distribuido, esto debió a que el ETP de cultivo se calcula para una región y cultivos específicos, en cambio la demandas brutas calculadas por ETP distribuido solo influyen las condiciones climatológicas y no se reflejan las verdaderas exigencias del campo, por otra se puede decir que el ETP distribuido, distribuye la demandas específicas necesarias en épocas de sequía.

### **Fase N° 6**

En esta fase calculamos por medio de la fórmula racional el caudal máximo para la construcción de una alcantarilla con un período de retorno de 5 años, el cual asumimos como muy preciso debido a que no posee otro debido a no poseemos otro método con el cual compararlo.

Por otra arte calculamos la altura de diseño de un puente por medio de los caudales máximos y la curva de gastos.

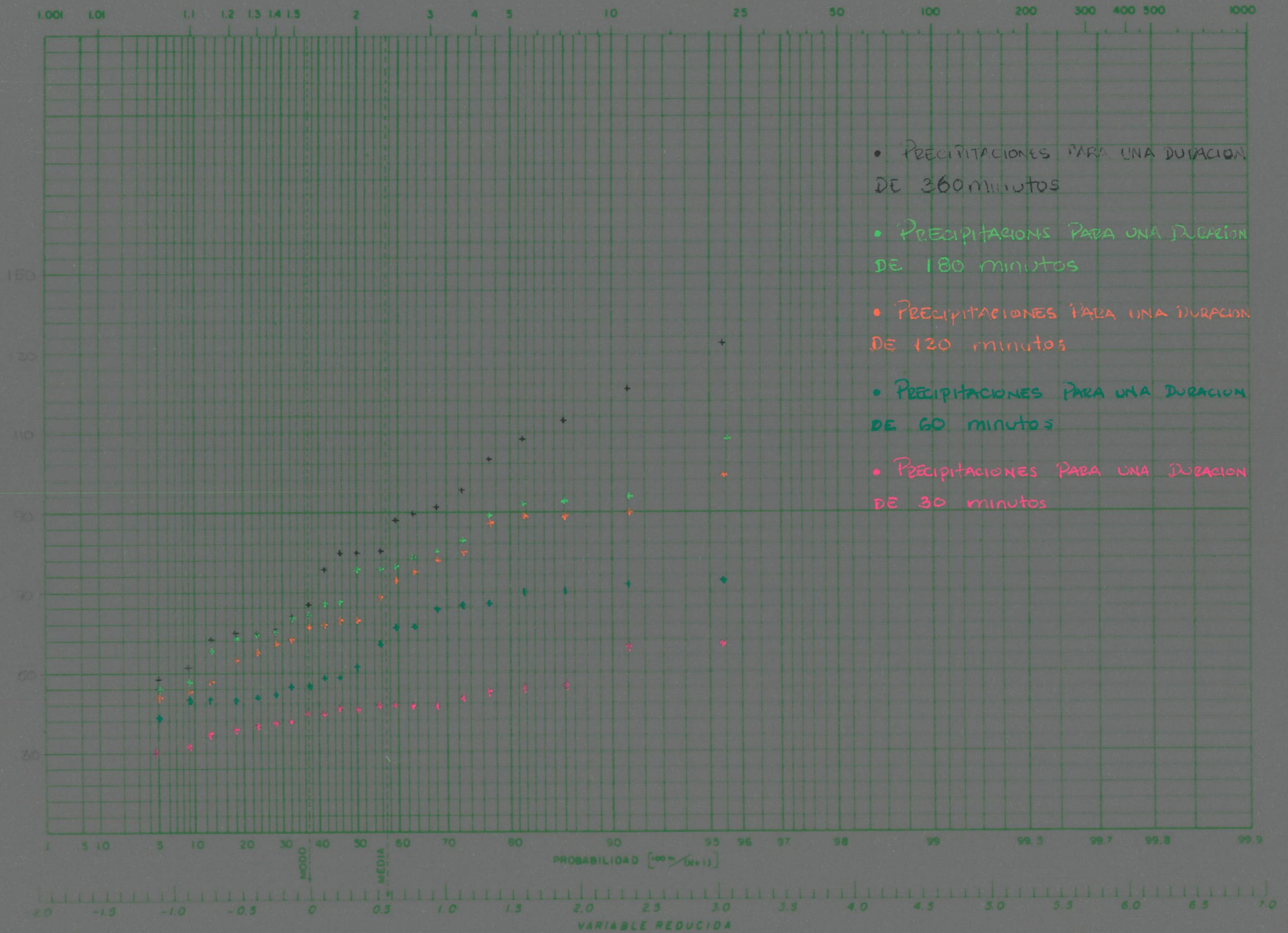
GRÁFICAS DE I-D-F  
TR (10-50-100 AÑOS).



DURACIÓN  
HORAS.

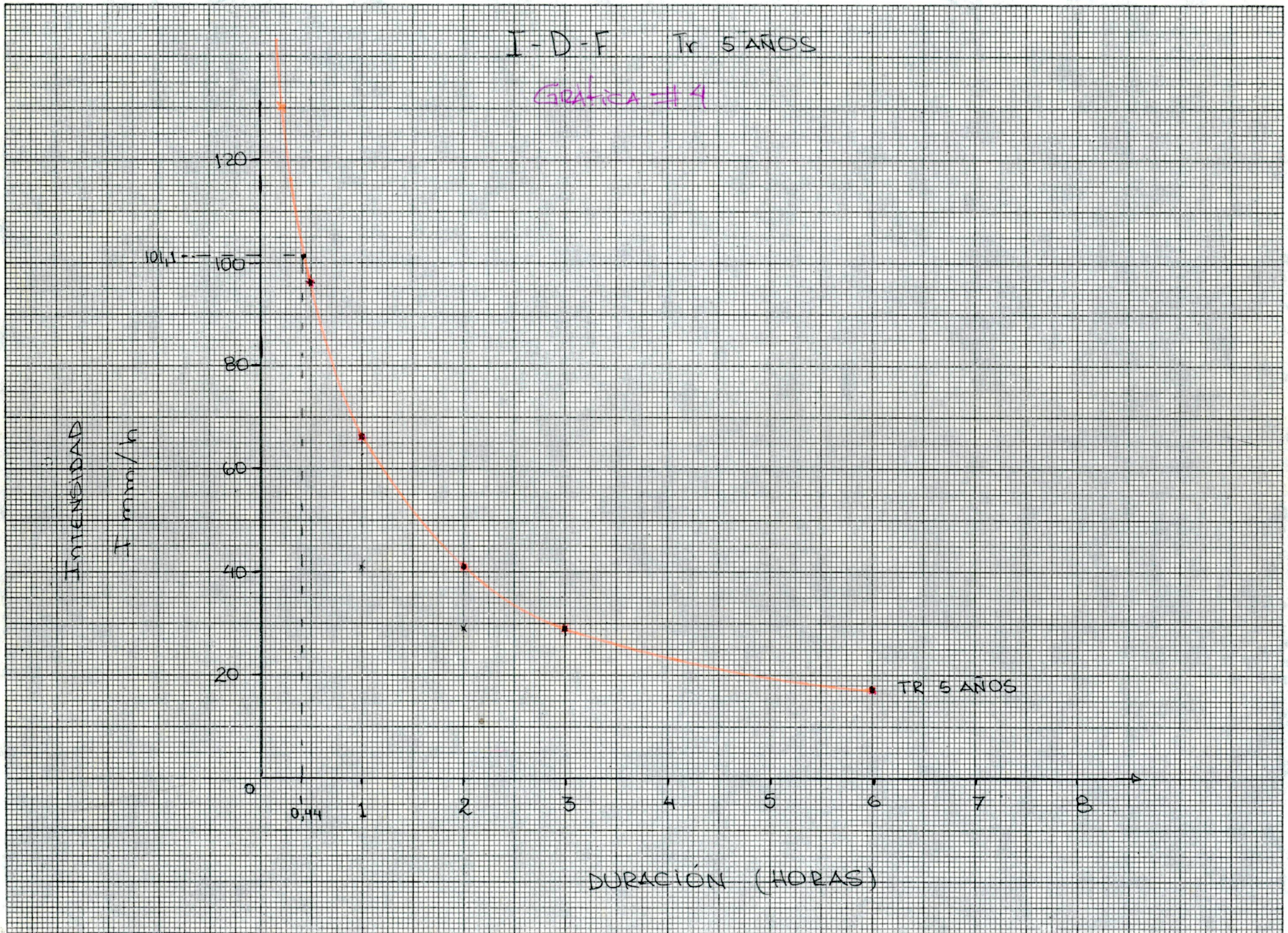
# PAPEL DE PROBABILIDADES EXTREMAS

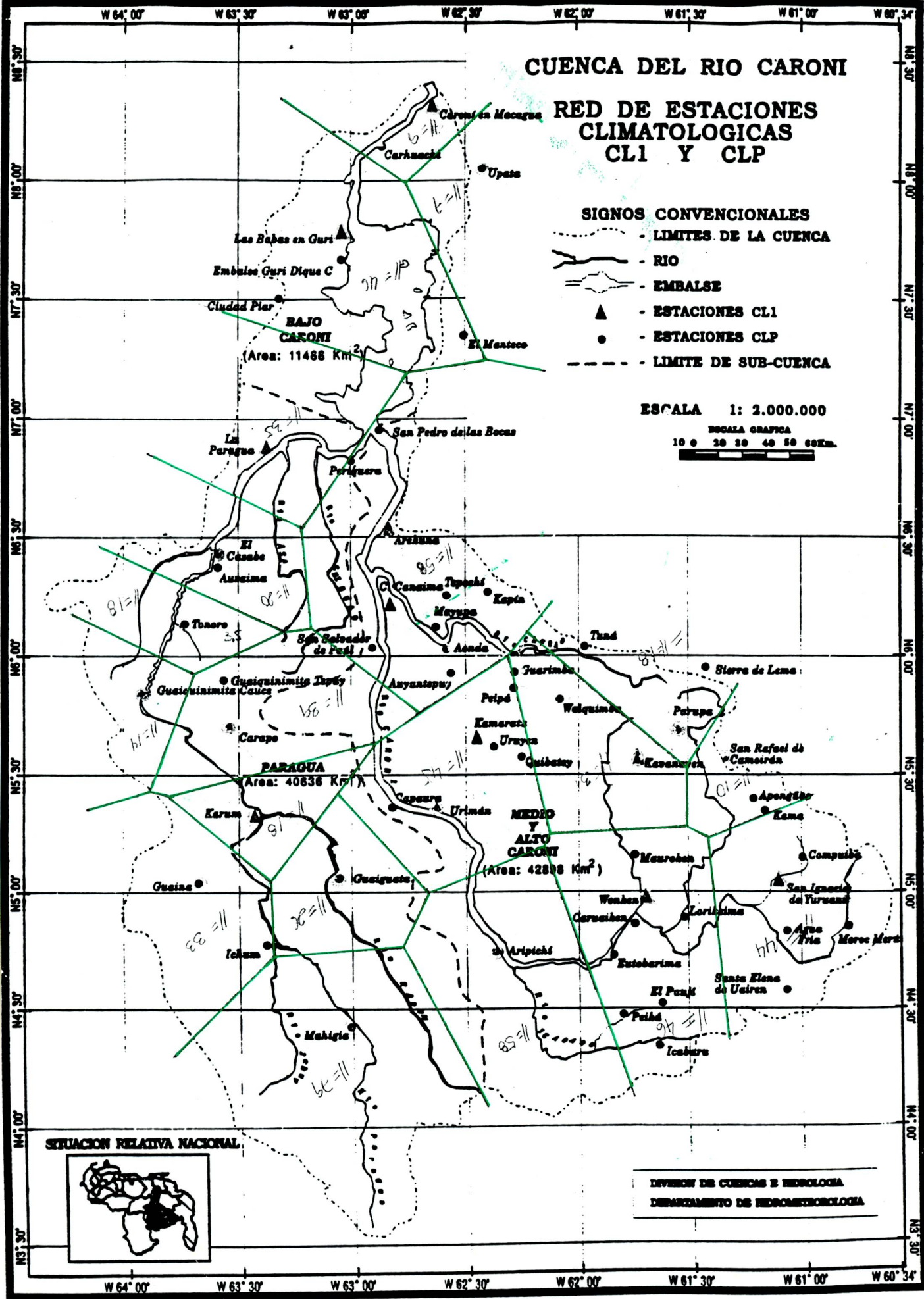
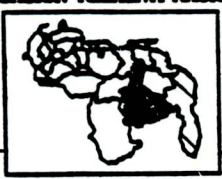
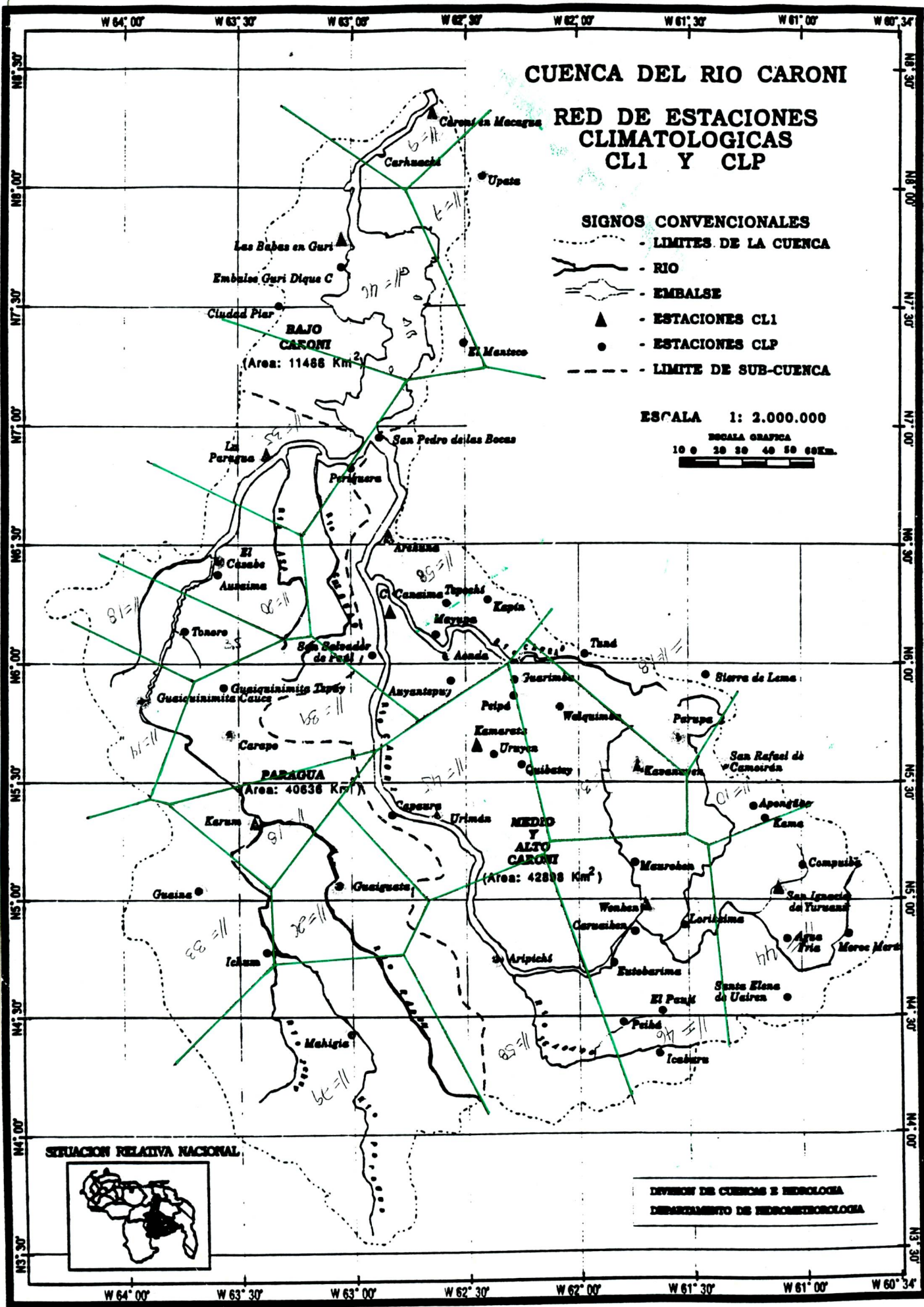
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)



I-D-F Tr 5 AÑOS

Gráfica # 4







**ANEXOS**



## **AREA DE ESTUDIO**

### **Ubicación Geográfica:**

El área de drenaje o Cuenca en estudio comprende dos sub-cuencas de los Ríos Caroní y Paragua, situadas a su vez al Sur-Este de Venezuela.

Específicamente, en el estado Bolívar. En los distritos "Heres", en la Cuenca del Río Paragua, "Piar" y "Rocio", en la Cuenca del Río Caroní.

Geográficamente se localiza entre las 3° 30' y 8° 00' de latitud norte y los 60° 30' y 64° 30' de longitud oeste.

Abarca una superficie aproximada de 95000 km<sup>2</sup>, el 40% del Edo. Bolívar y el 10% del territorio nacional, la longitud del Río Caroní y Paragua respectivamente son 640 km y 530 km. Está delimitada por el norte, con la confluencia de los Ríos Caroní y Orinoco, por el sur con las fronteras de Guyana y Brasil, por el este con la Cuenca del Río Cuyuní y por el oeste con la Cuenca del Río Caura. Como se observa en el Mapa N° 1

### **Relieve y Vegetación:**

La Cuenca en estudio presenta una gran variedad de relieves y vegetación. Lo más característico del área es la presencia de grandes mesetas con la cima horizontal y grandes desniveles con respecto a los valles circundantes denominados "Tepuy". Los principales tepuyes del área son los Auyantepuy, Chimantepuy y Acopantepuy en el centro del área, el de Guaiquinimita al oeste, los de Guanacoco y mesetas de Ichum al sur oeste y los de Roraima e Ilutepuy al sureste. En estos tepuyes se presenta una vegetación baja generalmente densa que disminuye en ambas características a medida que la meseta es más alta.

Adicionalmente a los tepuyes existe una gran parte del área, especialmente hacia el centro-oeste conformadas por colinas suaves y vegetación abundante. Así mismo se presentan grandes sabanas, planas y desforestadas al norte y en el extremo sureste (Gran Sabana) y por último, serranías de altura media y vegetación densa tales como la de Lema, Marutare, El Gallo, etc. Dispersas por toda el área de la Cuenca.

### **Estructura Geológica:**

En el área existen tres estructuras principales, fracturas sin diferenciar que no presentan desplazamiento y son muy densas en la formación Roraima llegando a tener en el basamento longitudes de hasta 10 km. En segundo término se detectan los

ANOS	30	60	120	180	360
66	42	61	74	83	109
67	40	70	99	109	133
68	36	45	48	48	48
69	34	44	56	57	58
70	41	47	54	58	58
71	56	71	88	92	113
72	40	44	45	46	51
73	42	44	46	68	78
74	32	48	61	65	121
75	47	57	63	74	79
76	37	49	62	68	63
77	30	49	77	78	78
78	42	68	73	75	76
79	42	68	89	94	94
80	50	61	69	74	91
81	57	70	79	80	80
82	44	67	90	93	104
83	41	48	63	64	90
84	38	51	57	60	65
85	35	38	53	54	57
86	48	72	89	89	89

**Estudio Hidrológico preliminar del río Caroní.**  
**Precipitación media anual. Período 1977 / 1997.**

Estación	Serial	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)	Precipitación (mm) *
Arekuna	2	6° 30' 24''	62° 53' 22''	2592.0
Aripichí	3	4° 45' 00''	62° 20' 00''	2933.6
Carapo	5	5° 43' 00''	63° 32' 00''	3573.2
Caroní	6	8° 17' 29''	62° 39' 21''	1259.4
El Cazabe	7	6° 25' 55''	63° 34' 46''	2251.4
Las Babas	8	7° 51' 00''	62° 57' 00''	1273.2
Guaiguatá	12	5° 03' 13''	63° 03' 22''	4035.8
Guaina	13	5° 03' 50''	63° 41' 24''	4047.8
Guaiquinimita Cauce	14	5° 48' 26''	63° 52' 46''	2829.4
Karum	18	5° 19' 11''	63° 24' 07''	3924.2
Kavanayén	19	5° 35' 00''	61° 43' 00''	2519.2
Mahigia	20	4° 27' 19''	63° 00' 49''	3108.4
Paragua	22	6° 50' 00''	63° 20' 00''	1667.6
Parupa	23	5° 40' 42''	61° 32' 31''	1446.5
S. Ignacio de Yuruani	25	5° 00' 46''	61° 08' 49''	1903.0
S. Rafael de Camoirán	27	5° 35' 00''	61° 18' 00''	2094.1
Tonoro	29	6° 10' 00''	63° 45' 00''	3283.5
Upata	30	7° 58' 54''	62° 19' 43''	921.0
Urimán	31	5° 21' 35''	62° 40' 12''	4152.6
Wonken	33	4° 58' 53''	61° 43' 40''	3072.9

TEMPERATURA, EVAPORACIÓN Y PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL.

ESTACIÓN MACAGUA.

PERÍODO 1950 - 1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	EVAPORACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	COEFICIENTE DE CULTIVO	FACTOR DE CORRECCIÓN
ENERO	40,6	167,1	25,9	0,40	0,998
FEBRERO	22,1	186,7	26,5	0,73	0,918
MARZO	11,5	240,1	27,7	0,90	1,033
ABRIL	30,7	235,1	28,6	0,80	1,027
MAYO	114,1	200,7	28,1	0,55	1,086
JUNIO	209,7	145,9	26,4	0,20	1,058
JULIO	207,3	146,8	26,1	0,40	1,087
AGOSTO	265,3	155,4	26,4	0,73	1,071
SEPTIEMBRE	92,3	173,2	27,3	0,90	1,018
OCTUBRE	86,8	176,6	27,5	0,80	1,027
NOVIEMBRE	84,7	151,1	26,9	0,55	0,974
DICIEMBRE	55,3	148,9	26,1	0,20	0,999

Cultivo = Maíz

Capacidad de campo = 100 mm

Coefficiente Evaporimétrico = 0,785

AREA A REGAR = 200 Ha

EFICIENCIA = 0.8

\* ELECTRIFICACION DEL CARONI EDELCA \*  
 \* DIVISION DE CUENCAS E HIDROLOGIA \*  
 \* BANCO DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS \*

ESTACION: EL CAZABE  
 TIPO SERIAL DATO MSNM  
 PREC 7 DIARIC 280

REGISTRO DE 1980  
 LAT.N LONG.W UNID. INST. ELIM.  
 062600 833500 MM MAR/74 FUNC.

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	0.0	4.1	0.0	3.5	19.5	0.0#	0.5	6.5	4.2	0.0#	2.8
2	0.0#	0.0	9.5	0.0	0.0	0.6	37.6#	0.0	0.0	0.0	0.0#	0.0
3	0.0#	0.0	78.7	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	43.7	28.0	0.0#	19.9
4	0.0#	0.0	1.7	0.0	0.0	2.7	5.3	0.0#	8.1	0.0	16.8#	0.3
5	0.0#	0.0	9.1	0.0	0.0	8.3	0.2	0.0#	5.4	19.0	2.0	1.8
6	0.0#	0.0	1.2	0.0	0.0	17.3	17.1	0.0#	0.0	0.0	5.2	0.0
7	0.0#	0.0	4.0	0.0	0.0	27.5	20.7	0.0#	1.6	0.7	0.0	0.4
8	0.0#	0.0	6.7	0.0	30.1	0.0#	0.0	0.0#	12.7	0.0	0.0	0.0
9	0.0#	0.1	3.2	0.0	0.0#	0.0#	0.0	0.0#	10.7	0.0	3.1	0.8
10	0.0#	0.0	11.3	0.0	0.0#	0.0#	0.0	0.0#	11.7	12.0	0.1	1.0
11	0.0#	0.0	7.0	1.2	0.0#	0.0#	0.3	0.0#	6.3	0.8	9.0	0.4
12	0.0#	0.0	7.8	0.0	0.0#	0.0#	0.0	0.0#	0.0	1.0	2.5	0.1
13	0.0#	0.0	1.3	0.0	0.0#	0.0#	14.3	0.0#	0.0	3.7	0.5	0.0
14	0.0#	0.0	1.2	1.5	0.0#	0.0#	3.3	17.3#	0.0	23.5	23.3	0.7
15	4.4#	0.0	1.0	0.6	0.0#	26.1#	5.0	35.4	0.0	0.7	9.9	0.0
16	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0#	0.0#	0.2	7.0	0.0	0.0	67.5	0.0
17	0.0	0.0	85.5	0.0	0.0#	0.0#	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.5	17.9	0.0	0.0#	1.8#	1.4	0.0#	0.0#	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	54.9	0.7	0.0#	47.5	30.8	0.0#	0.0#	3.6	13.9	0.0
20	0.0	0.0	12.0	5.4	0.0#	15.5	0.0	0.0#	0.0#	0.0	1.9	0.0
21	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0#	1.1	14.5	0.0#	0.0#	0.0	24.5	0.0
22	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0#	29.7	5.3	0.0#	0.0#	0.0	3.1	0.0
23	0.0	0.0	0.0#	0.0	0.0#	2.1	5.7	0.0#	0.0#	0.9	0.0	0.0
24	0.0	0.0	153.3#	0.0	0.0#	0.0	11.4	0.0#	0.0#	1.5	0.0#	0.0
25	0.0	38.6	20.5	0.0	0.0#	17.0	0.0	0.0#	0.0#	1.3	8.1	0.0
26	0.0	5.1	5.2	0.1	0.0#	0.0#	0.0	0.0#	0.0#	76.9	3.1	0.0
27	0.2	0.0	24.7	0.0	0.0#	0.0#	12.7	0.0#	0.0#	7.8	0.0	0.0
28	0.0#	0.0	21.3	1.7	117.7#	0.3	0.0	0.0#	0.0	0.0#	0.7	0.0
29	0.0#	0.0#	0.0#	2.2	62.5	3.4	0.0	151.4#	0.0	32.8#	0.0	0.0
30	0.0#	0.0#	26.0#	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0#	0.0#	0.0
31	0.0	0.0#	1.7	0.0#	1.4	0.0#	30.4	10.9	0.0#	0.0#	0.0#	0.0

TOT	0.20	53.20	380.20	13.40	98.30	220.40	208.20	64.30	129.90	187.40	178.40	28.20
ME	0.01	1.90	14.08	0.45	6.54	11.60	7.18	5.35	6.19	7.21	6.86	0.91
DE	0.05	7.44	22.79	1.11	19.37	13.59	9.20	10.65	10.46	16.20	14.12	3.58
MAX	0.20	38.60	85.50	5.40	62.50	47.50	30.80	35.40	43.70	76.90	67.50	19.90
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MP	17	26	27	30	11	15	29	11	21	26	26	31

# ANEXO N° 3

\* ELECTRIFICACION DEL CARONI EDELCA \*  
 \* DIVISION DE CUENCAS E HIDROLOGIA \*  
 \* BANCO DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS \*

ESTACION: LA PARAGUA  
 TIPO SERIAL DATO  
 PREC 22 DIARIO

REGISTRO DE 1986  
 MSNM LAT.N LONG.W UNID. INST. ELIM.  
 290 065000 632000 MM JUL/57 FUNC.

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	29.9	1.9	9.2	0.0	41.8	0.0
2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	18.3	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0	11.7	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	0.0	3.2	0.0	0.0	0.6
5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	1.6	10.0	0.0	0.0	1.3	0.1
6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	5.7	0.8	0.0	4.4	3.5	0.0
7	3.5	0.0	0.0	0.0	9.7	2.7	0.0	0.5	2.1	0.0	0.0	0.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	76.2	15.8	0.0	8.3	30.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3	10.3	2.0	9.5	18.6	14.5	0.0	0.4
10	0.0	9.6	0.0	0.0	2.1	0.0	0.5	0.0	0.0	6.2	0.0	0.4
11	0.0	0.0	3.2	0.0	9.0	0.0	4.5	0.0	0.0	36.6	0.1	1.2
12	0.0	0.0	0.0	0.0	39.8	0.0	0.0	0.0	0.0	34.1	0.0	2.4
13	1.4	1.3	0.0	0.0	1.5	0.0	2.6	0.0	0.0	0.9	13.9	0.9
14	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	16.4	0.0	18.3	37.9	4.6
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.5	0.3	25.2	0.0	0.0	0.0	0.3
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	23.7	0.4	0.0
17	0.0	3.6	0.0	2.2	2.5	0.0	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	26.4	0.0	0.3	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	41.7	3.0	0.0	0.0	22.8	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	0.0	3.6	9.2	0.0	10.1	0.0
21	0.0	52.9	0.0	0.0	1.6	3.2	15.4	2.9	10.0	0.0	2.2	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	100.2	0.0	0.0	0.0
23	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	14.3	0.4	0.0	0.0	1.6	4.9	0.0	1.1	0.2	16.3	3.1
25	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	36.4	12.2	2.7	1.7	10.0	0.0	1.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	13.9	0.0	0.0	16.4	0.0	0.3
27	0.6	0.0	0.0	0.0	19.4	8.1	0.7	3.5	0.0	5.3	5.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	6.8	0.0	45.5	0.0	0.4
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	8.5	29.1	7.7	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	2.9	0.1	5.0	1.3	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	5.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
TOT	10.80	86.60	0.40	2.20	209.90	275.50	199.60	126.40	213.70	245.70	193.00	15.70
MED	0.35	3.09	0.01	0.07	6.77	9.18	6.44	4.08	7.12	7.93	6.43	0.51
DES	0.86	10.28	0.07	0.40	15.55	16.22	10.84	6.99	18.98	12.97	11.14	1.04
MAX	3.50	52.90	0.40	2.20	76.20	66.70	41.70	26.40	100.20	45.50	41.80	4.60
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NPT	31	28	29	30	31	30	31	31	30	31	30	31

# ANEXO N° 4

BFF

\* ELECTRIFICACION DEL CARONI EDELCA \*  
 \* DIVISION DE CUENCAS E HIDROLOGIA \*  
 \* BANCO DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS \*

ESTACION: KAMARATA  
 TIPO SERIAL DATO  
 PREC 62 MENSUAL

MSNM 460  
 LAT. N 054000 LONG. W 622600 MM  
 INST. ELIM. OCT/84 FUNC.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOT
80	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
81	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
82	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
83	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
84	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
85	36.8	26.7	16.4	82.8	189.2	240.1	169.4	330.6	326.4	159.1	180.1	80.5	419.78
86	20.7	67.8	8.0	21.4	247.3	414.9	267.8	212.1	296.2	281.8	245.9	91.9	2038.0
87	19.2	53.7	70.9	82.8	326.4	216.3	503.1	284.1	328.5	84.8	94.6	41.2	2208.0
88	18.5	23.5	9.7	11.5	134.5	370.1	388.1	467.8	394.3	74.0	279.0	103.8	2105.0
89	43.5	68.6	60.1	66.3	240.6	170.6	239.6	212.8	341.6	182.9	346.9	23.8	2274.8
90	70.8	25.3	54.4	215.1	287.3	229.5	153.1	296.5	228.9	283.4	188.4	173.8	1997.3
													2206.5
NED	34.92	44.17	36.58	79.98	237.55	273.58	286.85	300.65	319.32	190.33	232.16	96.79	2138.27
DES	20.41	21.56	28.27	72.91	68.46	96.16	135.13	94.54	54.20	90.31	94.17	48.31	108.80
MAX	70.80	68.60	70.90	215.10	326.40	414.90	503.10	467.80	394.30	283.40	346.90	173.80	2274.80
MIN	18.50	23.50	8.00	11.50	134.50	170.60	153.10	212.10	278.90	74.00	94.60	23.80	1997.30
NPT	0	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6

ANEXO N° 5

ROSARIO FERNANDEZ FACCE

\* ELECTRIFICACION DEL CARONI EDELCA \*  
 DIVISION DE CUENCAS E HIDROLOGIA \*  
 BANCO DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS \*

ESTACION: URTMAN  
 TIPO SERIAL DATO MSNH LAT. N LONG. W UNID. INST. ELIM.  
 PREC 31 MENSUAL 395 052100 624100 MM SEP/58 FINC.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOT
0	44.5	18.9	53.6	358.6	605.3	495.3	891.8	879.7	427.5	309.2	258.8	296.4	4639.6
1	104.5	129.9	68.7	360.0	847.0	724.9	670.3	549.0	600.0	190.1	172.9	228.7	4646.0
2	28.1	71.1	85.4	280.1	567.9	670.7#	656.4	474.3	282.7	341.2	163.0	177.7	3127.9#
3	54.8	113.5	123.6	557.6	807.2	785.6	541.2	590.6	507.6	270.6	125.6	216.4	4694.3
4	159.3	60.5#	29.0	76.7	309.7	687.8	619.3	806.0	493.6	393.8	379.2	241.5	4195.9#
5	60.0	0.0	73.3	109.6	346.5	540.6	339.8	561.8	479.7	383.3	203.0	138.2	3235.8
6	17.9	110.1	51.9	144.1	423.5	915.8	563.3	668.2	0.0#	0.0#	0.0#	0.0#	2894.8#
7	26.4	79.4	93.3	173.6	768.8	603.9	799.2	720.0	327.1	269.4	80.9	147.7	4089.7
8	17.3	58.7	63.0	202.3	333.2	582.2	953.4	687.8	731.1	351.7	506.7	278.8	4766.2
9	101.5	283.0	129.5	66.3	399.4	382.2	717.9	635.3	375.6	386.1	342.0	29.4	3848.2
0	80.7	51.2	156.0	250.5	474.5	833.3	725.5	619.0	519.5	297.7	299.7	255.4	4563.0
1E	63.18	91.58	84.30	234.49	534.92	655.16	679.83	653.79	474.44	319.31	253.18	201.02	4310.35
ES	44.60	78.80	38.31	148.19	198.40	164.57	170.38	117.11	131.49	64.77	130.51	79.95	542.09
MAY	159.30	283.00	156.00	557.60	847.00	915.80	953.40	879.70	731.10	393.80	506.70	296.40	4766.20
1E	17.30	0.00	29.00	66.30	309.70	382.20	339.80	474.30	282.70	190.10	80.90	29.40	3235.80
8	11	19	11	11	11	10	11	11	10	10	10	10	8

\* ELECTRIFICACION DEL CARGO EDELCA \*  
 \* DIVISION DE CUENCAS E HIDROLOGIA \*  
 \* BANCO DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS \*

ESTACION: AONDA  
 TIPO SERIAL DATO MSNM LAT.N LONG.W UNID. INST. ELIM.  
 PREC B6 MENSUAL 372 060190 823600 MM MAR/84 FUNC.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOT
84	0.0\$	0.0\$	88.0\$	110.0	453.0\$	804.0	431.0\$	557.0\$	627.0	727.0	431.0	339.0	3033.0\$
85	127.0	72.0	42.0\$	59.0\$	486.0	707.0	521.0	762.0	611.0	584.0	381.0\$	0.0\$	3870.0\$
86	0.0\$	0.0\$	0.0\$	0.0\$	0.0\$	0.0\$	80.0\$	839.0	909.0	634.0	573.0	297.0	3252.0\$
87	125.0	76.0	68.0	0.0\$	277.0\$	656.0	999.0	917.0	648.0	178.0\$	0.0\$	0.0\$	3489.0\$
88	0.0\$	0.0\$	0.0\$	0.0\$	0.0\$	494.0\$	596.0	878.0	607.0	469.0\$	632.0	395.0	3068.0\$
89	126.0	181.0	117.0	114.0	323.0	650.0	791.0	691.0	635.0	673.0	456.0	82.0	4839.0
90	206.0	119.0	173.0	341.0	644.0	808.0	819.0	800.0	662.0	607.0	394.0	431.0	6004.0
RED	146.00	112.00	119.33	188.33	484.33	725.00	745.20	807.83	671.29	644.00	497.20	308.80	5421.50
DES	40.01	50.68	52.54	132.23	160.51	77.20	190.06	76.96	106.60	54.76	100.81	136.80	823.78
MAX	206.00	181.00	173.00	341.00	644.00	808.00	999.00	917.00	909.00	722.00	632.00	431.00	6004.00
MIN	125.00	72.00	68.00	110.00	323.00	650.00	521.00	691.00	607.00	584.00	394.00	82.00	4839.00
HPT.	4	4	3	3	3	5	5	6	7	5	5	5	2

## RIO CARONI EN AREKUNA

TECHA

NIVEL.

Q

13-Jun	147		5112.52	0.90	8.33	4618.60
17-Jun	148		5161.24	0.97	8.53	5015.63
19-Jun	149		5299.90	1.07	8.86	5665.68
20-Jun	150		5477.49	1.17	9.26	6428.08
24-Jun	151		5590.50	1.22	9.45	6798.18
25-Jun	152		5494.21	1.12	9.13	6136.97
27-Jun	153		5233.99	1.00	8.65	5253.37
4-Jul	154		4999.31	0.85	8.11	4233.64
AÑO 1981						
7-Jun	155	447.50	5684.00	0.99	8.92	5619.00
4-Jul	156	450.40	5895.00	1.27	9.80	7494.00
5-Jul	157	450.30	5872.00	1.26	9.76	7404.00
6-Jul	158	450.60	6051.00	1.36	10.23	8244.00
7-Jul	159	450.50	5970.00	1.25	9.90	7470.00
9-Sep	160	444.70	5295.00	0.83	8.10	4382.00
AÑO 1982						
3-Feb	161	433.70	4037.00	0.31	5.54	1253.00
3-Mar	162	431.00	3947.00	0.24	5.20	954.00
4-Abr	163	440.00	4584.00	0.50	6.71	2284.00
6-May	164	445.80	5278.00	0.87	8.27	4577.00
1-Jul	165	440.50	4785.00	0.67	7.28	3183.00
4-Ago	166	440.00	4644.00	0.53	6.82	2451.00
8-Sep	167	440.00	4634.00	0.54	6.78	2482.00
6-Oct	168	440.00	4609.00	0.59	7.00	2721.00
4-Nov	169	440.50	4744.00	0.58	7.21	2756.00
AÑO 1983						
5-Ene	170	431.80	3937.00	0.28	5.46	1104.00
3-Mar	171	424.00	3641.00	0.19	4.45	703.00
4-May	172	441.50	4959.00	0.69	7.64	3398.00
2-Jun	173	440.00	4556.00	0.54	6.77	2465.00
6-Jul	174	442.00	4948.00	0.71	7.63	3519.00
AÑO 1984						
21-Mar	175	422.00	3149.00	0.12	3.49	369.00
24-Mar	176	422.00	3204.00	0.11	3.69	349.00
25-Mar	177	423.00	3329.00	0.15	3.96	508.00
25-Abr	178	423.00	3103.00	0.10	3.23	322.00
AÑO 1985						
21-Feb	179	424.10	3327.00	0.15	3.70	488.00
25-Abr	180	420.60	3036.00	0.10	3.16	306.00
27-Abr	181	423.80	3190.00	0.13	3.56	399.00
AÑO 1988						
26-Ago	182	448.40	5877.00	1.17	9.41	9894.00
27-Ago	183	447.70	5659.00	1.09	9.08	6163.00
8-Nov	184	441.50	5012.00	0.65	7.48	3281.00
AÑO 1989						
10-Ene	185	434.70	4112.20	0.38	5.87	1543.00
	186	434.20	4042.50	0.34	5.69	1358.00
8-Feb	187	433.20	4186.30	0.31	5.56	1304.00
8-Mar	188	427.10	3813.20	0.26	5.10	994.00
12-Abr	189	427.00	3994.80	0.29	5.39	1146.00

### FACTOR FRECUENCIA "K"

$$K = \frac{Y - \bar{Y}_n}{\bar{Y}_n}$$

$\bar{Y}_n, \sqrt{Y}_n$  Función del número de años de registro "n"

Y Función del período de retorno "Tr"

n	$\bar{Y}_n$	$\sqrt{Y}_n$	Tr	Y
8	0,4828	0,9493	5	1.4999
9	0,4897	0,9533	10	2.2504
10	0,4967	0,9573	15	2.6738
11	0,5008	0,9735	25	3.1985
12	0,5043	0,9870	50	3.9019
13	0,5075	0,9994	100	4.6001
14	0,5103	1,0105		
15	0,5128	1,0206		
16	0,5152	1,0303		
17	0,5175	1,0392		
18	0,5196	1,0475		
19	0,5214	1,0553		
20	0,5236	1,0628		
21	0,5252	1,0696		
22	0,5266	1,0754		
23	0,5283	1,0811		
24	0,5296	1,0864		
25	0,5309	1,0915		
26	0,5320	1,0961		
27	0,5332	1,1004		
28	0,5343	1,1047		
29	0,5353	1,1086		
30	0,5362	1,1124		

$$Y = -\text{Ln} \left( -\text{Ln} \left( 1 - \frac{1}{\text{Tr}} \right) \right)$$

$$\text{Tr} = \frac{1}{1 - e^{-e^{-Y}}}$$

*(Handwritten scribble)*