

Estudio Hidráulico  
Río Tapia y Afluente Quebrada Salsipuedes

**URBANIZACIÓN LOS ALTOS DE PEDREGAL**

Corregimiento de Pedregal, Distrito de Panamá,  
República de Panamá

La Urbanización Los Altos de Pedregal está ubicada al Norte de la Comunidad de San Joaquín, en el Corregimiento de Pedregal, Distrito de Panamá, República de Panamá.

El polígono sobre el cual se ubica el proyecto tiene una configuración casi rectangular. El terreno comprende una topografía un poco accidentada. Al Norte y Sur del terreno se localizan ríos importantes, al este el Río Tapia y al Oeste se ubica un afluente de la Quebrada Salsipuedes, ambos objeto de este estudio.

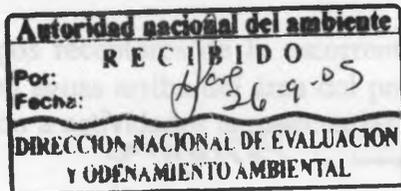
En este estudio se determinarán los niveles de crecida máximas del Río Tapia y el afluente de la Quebrada Salsipuedes, con un período de retorno de 1:50 años (según especificaciones del Reglamento de Construcción para determinar los niveles óptimos de terracería). Se utilizarán curvas de nivel de las áreas localizadas en la zona de estudio, con un período de retorno de 50 años.

**Estudio Hidráulico  
Río Tapia y Afluente de  
la Quebrada Salsipuedes**

1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

1.1 Uso de la Tierra

El uso de la tierra en ambas cuencas del Río Tapia y el afluente de la Quebrada Salsipuedes, se puede determinar actualmente como dirigidos a su mayor parte a algunos desarrollos habitacionales.



1.2 Tipo de Suelo

De acuerdo al Sistema Land Capability existen ocho categorías de clasificación del suelo en el mundo. En este estudio se describen utilizando números romanos (I-VIII). El área específica del proyecto se caracteriza por tener un suelo clasificado como 'Bueno', que es relativamente drenable, con textura arcillosa, pero susceptible.

Realizado por:

**F. G. Guardia y Asociados, S. A.**

2.2.1 Uso actual y potencial del suelo

Dada a la clasificación del tipo de suelo para el área de estudio, las tierras son ideales para el desarrollo de cultivos temporales y la ganadería, no obstante, la superficie está destinada para el desarrollo del proyecto de vivienda, para el cual también es adecuado.

# **Estudio Hidráulico**

## **Río Tapia y Afluente Quebrada Salsipuedes**

---

### **1. GENERALIDADES**

La Urbanización Los Altos de Pedregal estará ubicada al Norte de la Comunidad de San Joaquín, en el Corregimiento de Pedregal, Distrito de Panamá, República de Panamá.

El polígono sobre el cual se ubica el proyecto tiene una configuración casi rectangular. El terreno comprende una topografía un poco accidentada. Al Norte y Sur del terreno se localizan fincas colindantes, al este el Río Tapia y al Oeste se ubica un afluente de la Quebrada Salsipuedes, ambos objeto de este estudio.

En este estudio se determinarán los niveles de crecida máximos del Río Tapia y el afluente de la Quebrada Salsipuedes, con un período de retorno de 1:50 años (según especificaciones del Ministerio de Obras Públicas) para determinar los niveles óptimos de terracería de modo que se proteja a los futuros residentes de las áreas localizadas en la parte este del proyecto, contra la peor lluvia con un período de retorno de 50 años.

### **2. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA**

#### **2.1 Uso de la Tierra**

El uso de la tierra en ambos cuerpos receptores de la escorrentía (Río Tapia y afluente de la Quebrada Salsipuedes) aguas arriba del área del proyecto, se puede determinar actualmente como dirigido a actividades agropecuarias en su mayoría y algunos desarrollos habitacionales.

#### **2.2 Tipo de Suelo**

De acuerdo al Sistema Land Capability existen ocho categorías distintas de clasificación del suelo en el país, que simbólicamente se describen utilizando número romanos (I-VIII). El área específica del proyecto se caracteriza por tener un suelo clasificado como Tipo IV, por ser muy arable, imperfectamente drenable, con textura arcillosa, poco inundables.

##### **2.2.1 *Uso actual y potencial del suelo***

Dada a la clasificación del tipo de suelo para el área de estudio, las tierras son ideales para el desarrollo de cultivos temporales y la ganadería, no obstante, la superficie está destinada para el desarrollo del proyecto de vivienda, para el cual también es adecuado.

## 2.3 Area de la cuenca, elevación y pendiente

El Río Tapia hasta la colindancia Este del proyecto “Los Altos de Pedregal”, tiene una cuenca de drenaje de aproximadamente 734 hectáreas, (**VER ANEXO A**). El área de la cuenca posee una topografía accidentada, la cual tiene rangos de elevación que van desde los 60 metros hasta los 400 metros sobre el nivel del mar. La pendiente aproximada del Río Tapia aguas arriba del proyecto es de 0.057 m/m.

El afluente de la Quebrada Salsipuedes hasta la colindancia Oeste del proyecto Los Altos de Pedregal tiene una cuenca de drenaje de aproximadamente 52.04 hectáreas (**VER ANEXO E**). El área de la cuenca posee una topografía accidentada la cual tiene rangos de elevación que van desde los 40 metros hasta los 70 metros sobre el nivel del mar. La pendiente aproximada del afluente de la Quebrada Salsipuedes aguas arriba es de 0.015m/m.

## 2.4 Orientación

La orientación de la cuenca del Río Tapia aguas arriba del proyecto es de Norte a Sur y de la cuenca del afluente de la Quebrada Salsipuedes de Norte a Sur Oeste.

## 2.5 Red de drenajes

La cuenca del Río Tapia aguas arriba del proyecto está compuesta por una serie de afluentes que desembocan en el acceso principal del río.

La cuenca del afluente de la Quebrada Salsipuedes está compuesta de zanjas pluviales de corta longitud cuyas depresiones desembocan en el afluente de la quebrada.

# 3. CLIMATOLOGÍA

## 3.1 Clasificación del clima

El análisis descriptivo del comportamiento climático se hace en función de la clasificación climática que presenta Köppen. La Provincia de Panamá se ubica dentro de una región de sabanas, donde el clima encontrado se ubica de la Zona A, que característicamente presenta un clima tropical lluvioso donde la temperatura promedio mensual en todo el año es de 28°C.

## 3.2 Temperatura

El área de estudio también se ubica dentro de un clima tropical lluvioso, donde las temperaturas alcanzan un mínimo de 18°C y un máximo de 38°C con una mediana anual de 28°C (*Contraloría General de la República, Aspectos Meteorológicos, Sección Clima*)

### 3.3 Precipitación

En el área donde será construido el proyecto, las precipitaciones varían de acuerdo a la temporada, por ejemplo, en las temporadas de verano pueden alcanzar los 10 a 20 mm, en tanto que en la temporada de lluvia pueden alcanzar un promedio de 185 a 350 mm. Anualmente, la precipitación es de 3400mm con un promedio de 2030 mm y un mínimo de 1600 mm. Cada mes se promedia entre 230 a una mínima de 160 mm. (*Contraloría General de la República, Estadística Panameña, Situación Física, Meteorología, Sección 121 Clima*).

## 4. CAUDALES

### 4.1 Río Tapia

#### 4.1.1 Estimación de escorrentía pluvial.

Para el análisis de la escorrentía pluvial del sitio se utilizó el Método Análisis Regional de Crecidas Máximas IRHE, que establece que el caudal a generarse es el resultado de:

$Q_{max\ prom} =$  Caudal máximo promedio estimado de la cuenca hidrográfica en m<sup>3</sup>/seg.

$Q_{max} =$  Caudal máximo estimado de la cuenca hidrográfica en m<sup>3</sup>/seg.

$A =$  Área de drenaje de la cuenca hidrográfica en estudio en Km<sup>2</sup>.

Periodo de Retorno = 1:50 Años.

Zona de ubicación de la cuenca = Se determina en la Figura N°8. (VER ANEXO B)

Factor = Se determina en la Sección 1.5. (VER ANEXO B)

Indice =  $Q_{max} / Q_{max\ prom}$ , se determina en la Tabla N°1 (VER ANEXO B)

$Q_{max\ prom} =$  Factor \*  $A^{0.58}$  (m<sup>3</sup>/seg)

$Q_{max} = Q_{max\ prom} *$  Indice

Con esto obtenemos:

$A = 734$  hectáreas = 7.34 Km<sup>2</sup>.

Zona 3 por ubicación geográfica del río

$Q_{max\ promedio} = 27 * (7.34)^{0.58} = 85.80$  m<sup>3</sup>/seg.

Tabla N°1, Tr 1:50  $\Rightarrow$  2.40

$Q_{max} = 2.40 * 85.80 = 205.92$  m<sup>3</sup>/seg

## 4.2 Afluente Quebrada Salsipuedes

Para el análisis de la escorrentía pluvial del sitio se utilizó el Método Racional, que establece que el caudal a generarse es el resultado de:

$$Q = C \times I \times A \text{ en donde,}$$

$$Q = \text{Caudal a generarse}$$

C = Coeficiente de escorrentía, el cual varía según las características del terreno, forma de la cuenca y previsión de desarrollos futuros.

I = Intensidad de lluvias, según curvas y ecuaciones de Intensidad – Duración – Frecuencia generadas por el MOP.

A = Área de la cuenca de drenaje

Debido a la conformación y proyecciones del área a desarrollarse y de los terrenos aledaños, se estimó un  $C = 0.90$ .

Para la intensidad de lluvias se utilizó la fórmula:

$$I_{1:50} = 370 / (33+T_c), \text{ en donde } T_c = 10 \text{ y representa el tiempo de concentración, en minutos.}$$

$$I_{1:50} = 370 / (33+10)$$

$$I_{1:50} = 218.55 \text{ mm/hr}$$

Con esto obtenemos:

$$Q = \frac{(0.90)(218.55)(52.04)}{360} = 28.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 5. SIMULACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

### 5.1 Río Tapia

#### 5.1.1 Cálculo de la sección prismática de canal requerida

El Río Tapia tiene una longitud aproximada de 230 m en la colindancia con el proyecto Los Altos de Pedregal con una elevación de fondo promedio (según el B.M. utilizado) de 25.00 en su parte norte y más alta y una elevación de 22.00 en sus áreas inferiores.

De aquí que la pendiente promedio para el Río Tapia en el área colindante con el proyecto sea:

$$p = \frac{El_1 - El_2}{L} = \frac{25.00 - 22.00}{230} = 0.0130$$

Para los cálculos se asumió una sección prismática trapezoidal con una base de 10.00m de ancho y taludes laterales sobre terreno natural, sin revestimiento, con inclinación de taludes de 1:1 a ambos lados. El coeficiente de rugosidad utilizado fue de 0.30 que es para cauces de tierra con vegetación normal, lodo con escombros o irregular a causa de erosión.

Los cálculos se hicieron mediante la utilización iterativa del programa HCanales para Windows. Este programa se basa en las conocidas Ecuación de Continuidad y Ecuación de Manning, en donde:

### 5.1.2 Ecuación de continuidad

$$\begin{aligned} Q &= VA, \text{ en donde:} \\ Q &= \text{caudal, en m}^3/\text{s} \\ V &= \text{velocidad del líquido, en m/s} \\ A &= \text{área hidráulica, en m}^2 \end{aligned}$$

### 5.1.3 Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Al combinar ambas ecuaciones obtenemos que :

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Para una sección trapezoidal como la especificada, el área es:

$$A = (b+Zy)y \text{ (ver definición en "output" adjunto del programa)}$$

y el perímetro mojado para el cálculo del radio hidráulico es:  $p = b + 2\sqrt{(1 + Z^2)y}$

De aquí que al utilizar estas ecuaciones mediante el programa HCanales, obtenemos que el tirante normal del Río Tapia, durante un evento de lluvia con un período de retorno de 1:50 es:

$$\underline{\underline{Y = 2.72 \text{ m (VER ANEXO C)}}}$$

## 5.2 AFLUENTE DE LA QUEBRADA SALSIPUEDES

### 5.2.1 Cálculo de la sección prismática de canal requerida.

El afluente de la Quebrada Salsipuedes tiene una longitud aproximada de 200 m. en la colindancia con el proyecto "Los Altos de Pedregal" con una elevación de fondo

promedio (según el B.M. utilizado) de 30.98 en su parte norte y más alta, y una elevación de 27.00 en sus áreas inferiores.

De aquí que la pendiente promedio para el afluente de la Quebrada Salsipuedes en el área colindante con el proyecto sea:

$$P = \frac{El_1 - El_2}{L} = \frac{30.98 - 27.00}{200} = 0.0199$$

Para los cálculos se asumió una sección prismática trapezoidal con una base de 2.00 m de ancho y taludes laterales sobre terreno natural, sin revestimiento, con inclinación de taludes de 1:1 a ambos lados. El coeficiente de rugosidad utilizado fue de 0.30 que es para cauces de tierra con vegetación normal, lodo con escombros o irregular a causa de erosión.

Los cálculos se hicieron mediante la utilización iterativa del programa HCanales para Windows. Este programa se basa en las conocidas Ecuación de Continuidad y Ecuación de Manning, en donde:

### 5.2.2 Ecuación de continuidad:

$$\begin{aligned} Q &= VA, \text{ en donde:} \\ Q &= \text{caudal, en m}^3/\text{s} \\ V &= \text{velocidad del líquido, en m/s} \\ A &= \text{área hidráulica, en m}^2 \end{aligned}$$

### 5.2.3 Ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Al combinar ambas ecuaciones obtenemos que:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

para una sección trapezoidal como la especificada, el área es:

$$A = (b + Zy)y \quad (\text{ver definición en "output" adjunto del programa})$$

y el perímetro mojado para el cálculo del radio hidráulico es:  $p = b + 2\sqrt{(1 + Z^2)y}$

De aquí que al utilizar estas ecuaciones mediante el programa HCanales, obtenemos que el tirante normal del afluente de la Quebrada Salsipuedes, durante un evento de lluvia con un período de retorno de 1:50 es:

$$\underline{\underline{Y = 1.71 \text{ m}}} \quad (\text{VER ANEXO F})$$

## BIBLIOGRAFIA

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.** Manual de Requisitos para la Revisión de Planos. 2ª Edición Revisada, 2003.

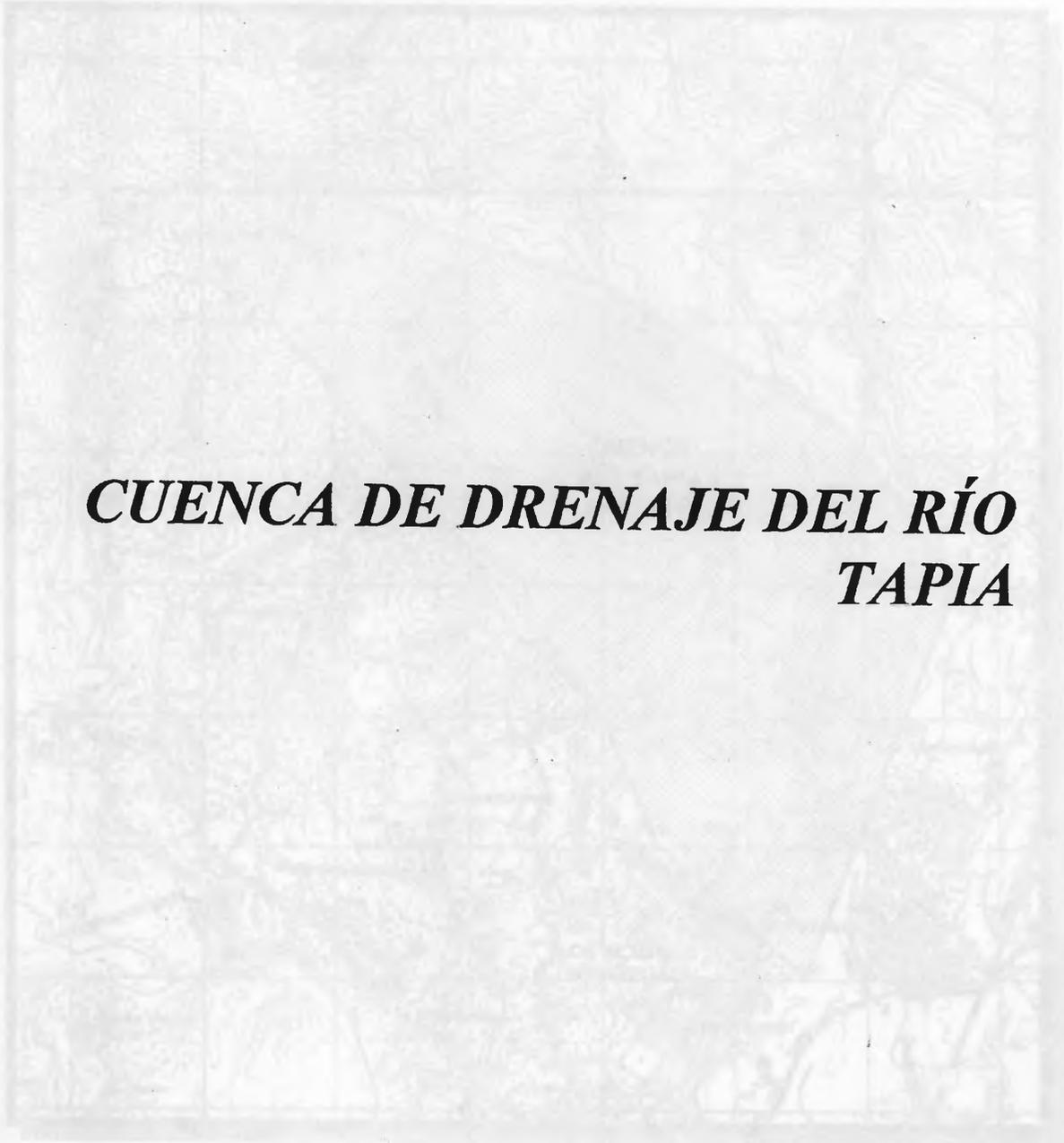
**INSTITUTO DE RECURSOS HIDRÁULICOS Y ELECTRIFICACIÓN.** Informe Preliminar, Estudios de Proyectos Hidroeléctricos de Mediana Capacidad, Anexo B, Análisis Regional de Crecidas Máximas. Octubre 1986.

Máximo Villón Béjar. HCANALES para Windows: Manual del Usuario. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 101p

*CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO  
TAPIA*

# ***ANEXO A***

---



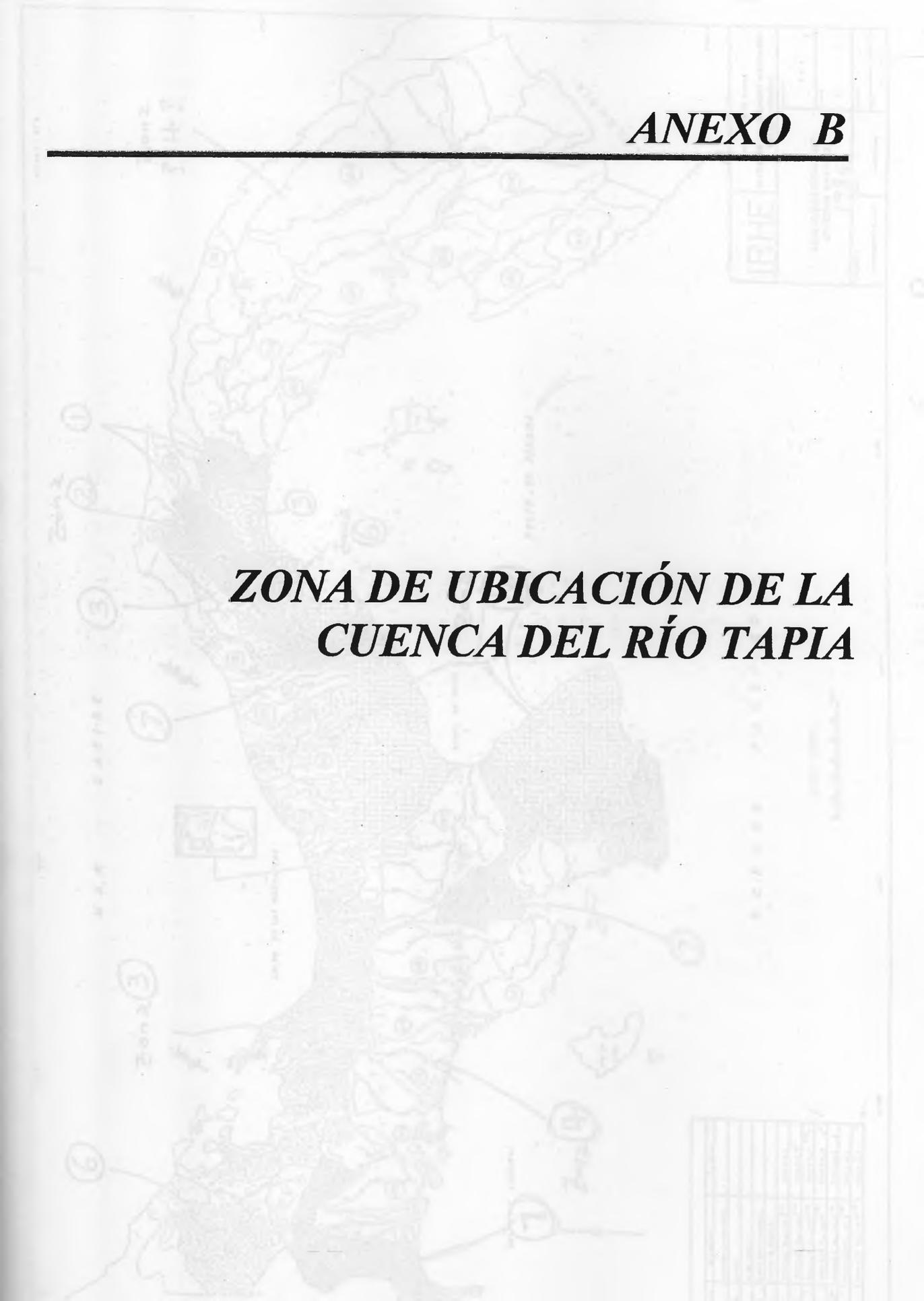
## ***CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO TAPIA***



# ***ANEXO B***

---

## ***ZONA DE UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TAPIA***



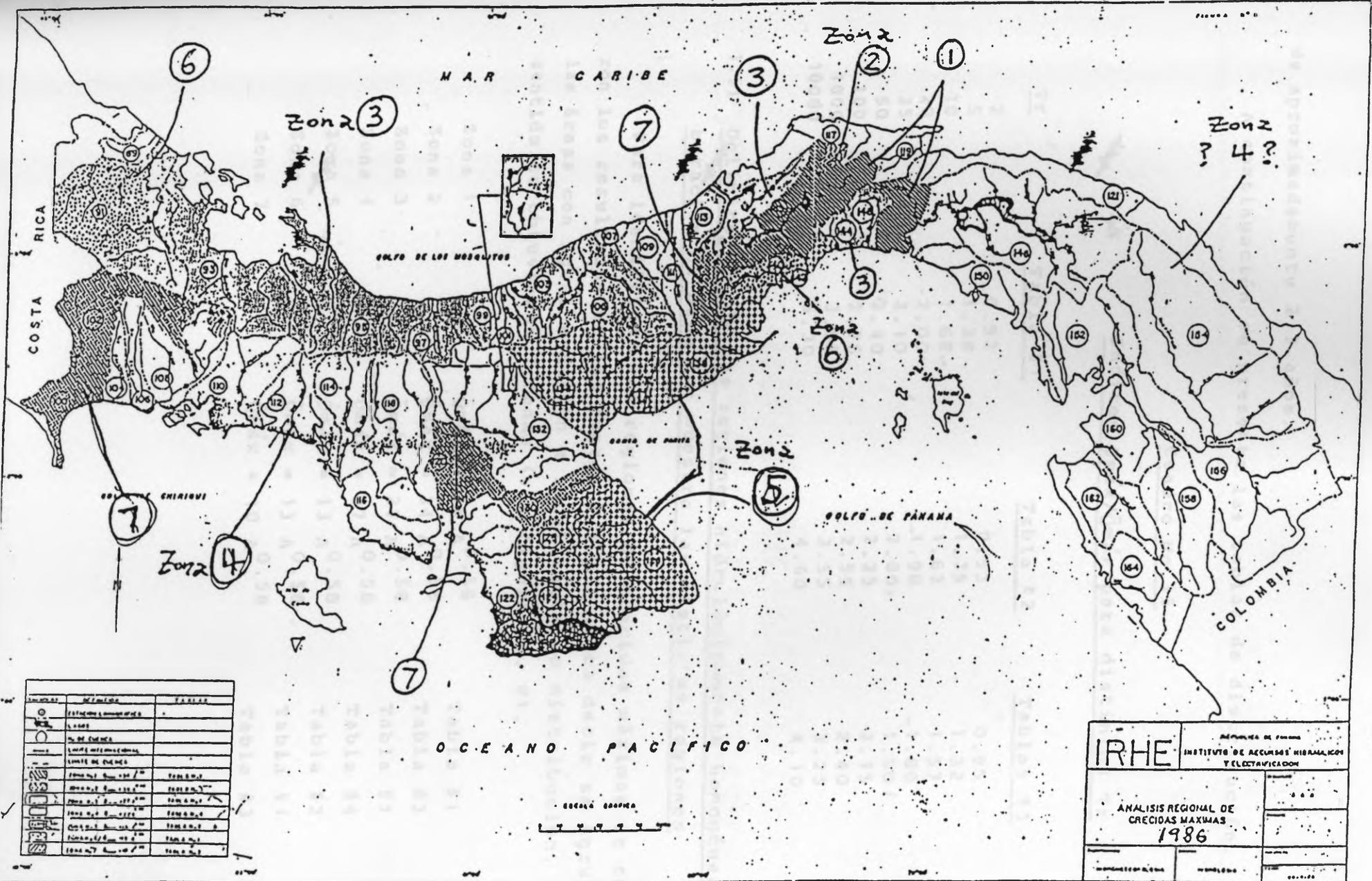


Figura 8

de aproximadamente 2.3 años.

A continuación se presenta las tablas de distribución.

Cuadro No.15

Indices  $Q_{m\acute{a}x}/\bar{Q}_{m\acute{a}x}$  para distintos Tr

<u>Tr</u>	<u>Tabla #1</u>	<u>Tabla #2</u>	<u>Tabla #3</u>	<u>Tabla #4</u>
2	0.92			
5	1.38	0.93	0.95	
10	1.68	1.35	1.32	0.93
20	2.00	1.62	1.57	1.20
25	2.10	-1.90	-1.80	1.45
50	2.40	2.00	1.90	1.65
100	2.75	2.25	2.15	1.75
1000	3.95	2.55	2.40	1.95
10000	5.30	3.55	3.25	2.10
		4.60	4.10	2.75
				3.40

CALCULO HIDRAULICO DEL

1.5) Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas. Elaboración de mapa que muestra las distintas regiones

Para identificar las regiones de crecidas máximas se combinaron los resultados en los puntos 1.3 y 1.4, es decir se agruparon las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución, en tal sentido se obtuvieron 7 zonas (ver figura No. 8).

Zona 1	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 34 \lambda^{0.56}$	Tabla #1
Zona 2	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 34 \lambda^{0.58}$	Tabla #3
Zona 3	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 27 \lambda^{0.58}$	Tabla #1
Zona 4	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 27 \lambda^{0.58}$	Tabla #4
Zona 5	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 13 \lambda^{0.58}$	Tabla #2
Zona 6	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 13 \lambda^{0.58}$	Tabla #1
Zona 7	$\bar{Q}_{m\acute{a}x} = 10 \lambda^{0.58}$	Tabla #3

# ***ANEXO C***

## ***CALCULO HIDRÁULICO DEL TIRANTE NORMAL DEL RÍO TAPIA***

Lugar: **Pedregal.**

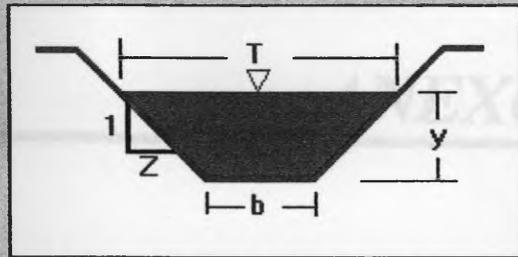
Proyecto: **Los Altos de Pedregal.**

Tramo: **Río Tapia.**

Revestimiento: **Natural.**

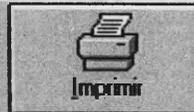
Datos :

Caudal (Q) **205.92** m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b) **10.00** m  
Talud (Z) **1.00**  
Rugosidad (n) **0.030**  
Pendiente (S) **0.013** m/m



Resultados :

Tirante normal (y) **2.7223** m    Perímetro (p) **17.699** m  
Área hidráulica (A) **34.633** m<sup>2</sup>    Radio hidráulico (R) **1.9567** m  
Espejo de agua (T) **15.444** m    Velocidad (v) **5.9457** m/s  
Número de Froude (F) **1.2677**    Energía específica (E) **4.5241** m-Kg/Kg  
Tipo de flujo **Supercrítico**    Cuidado velocidad erosiva



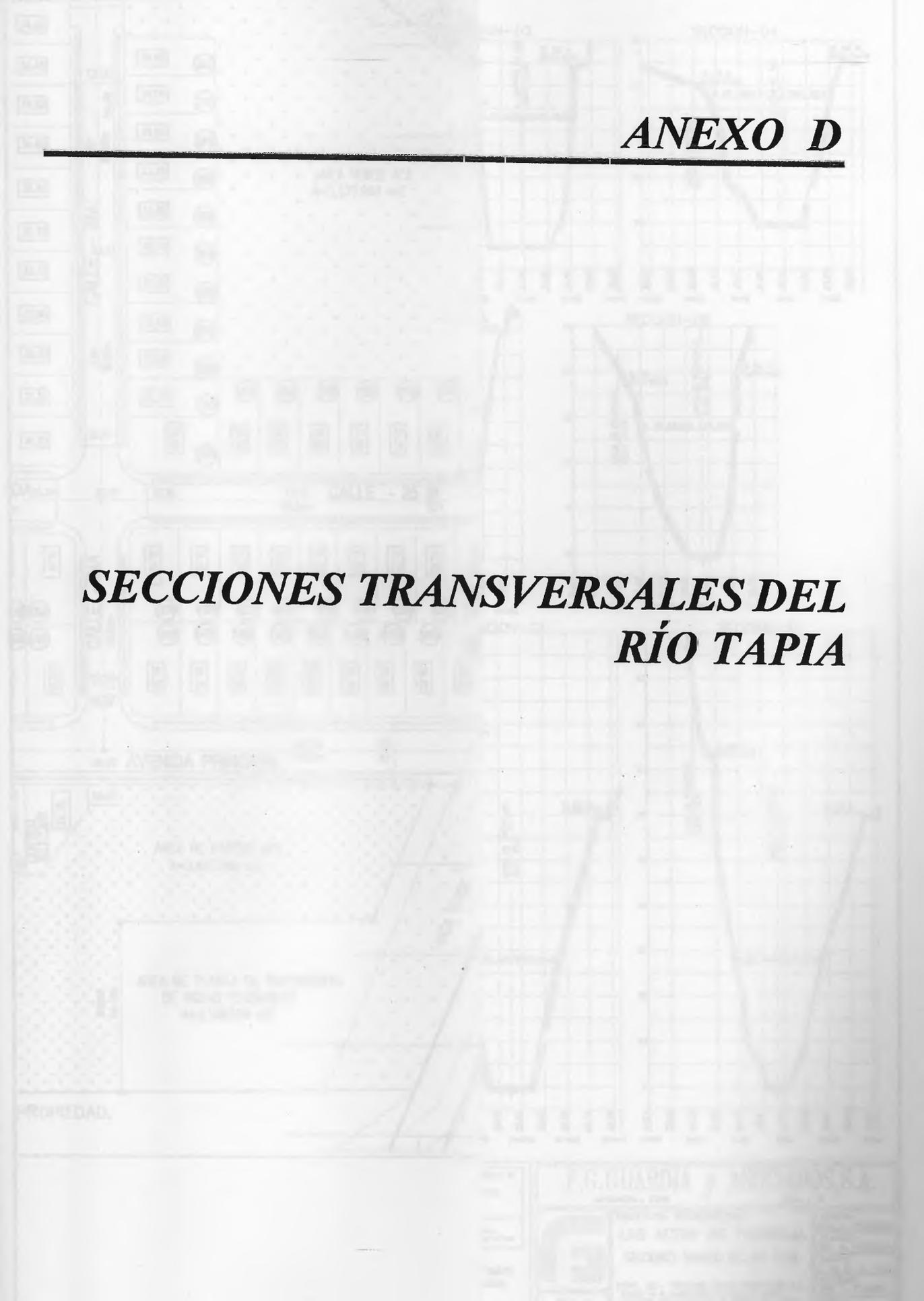
Realiza la impresión de la pantalla

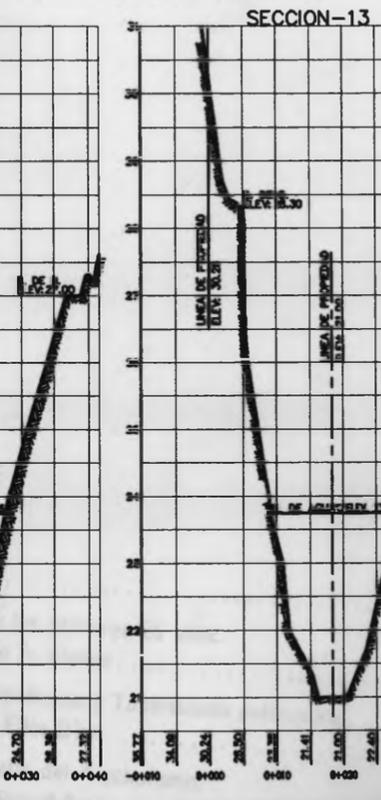
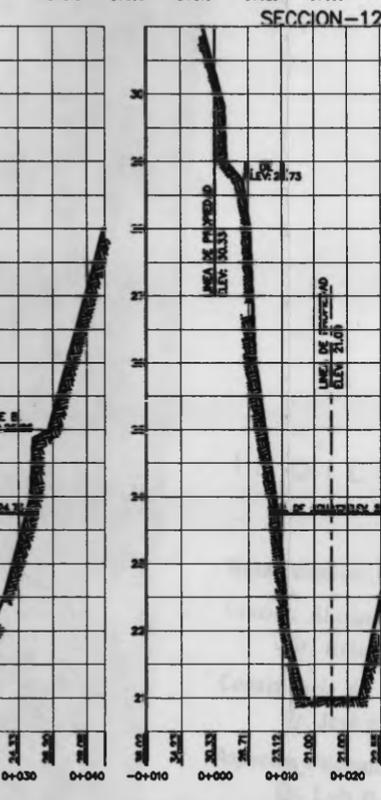
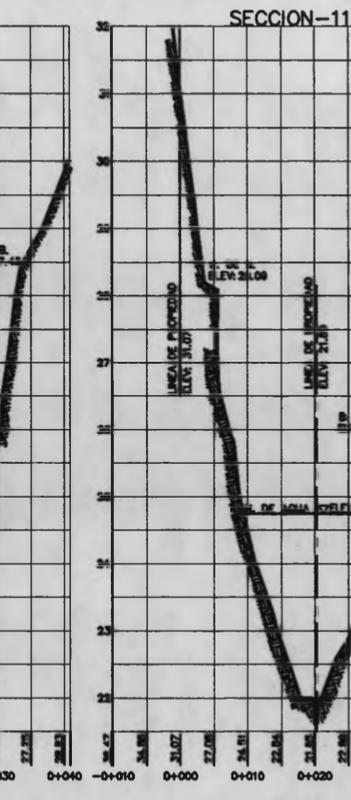
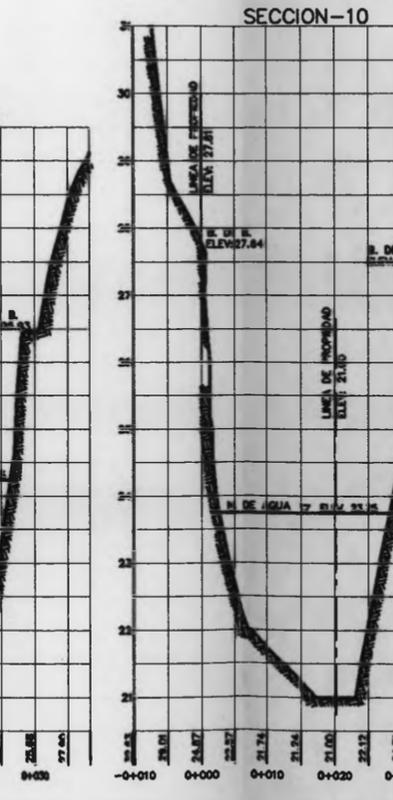
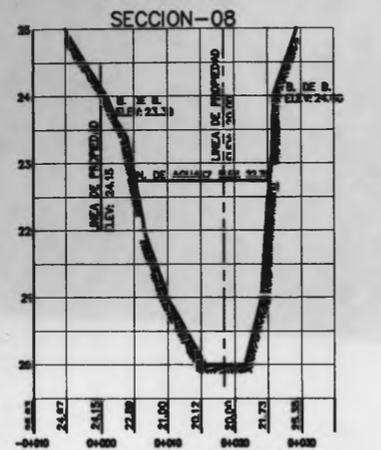
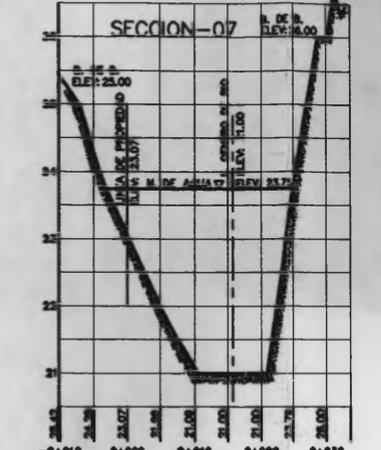
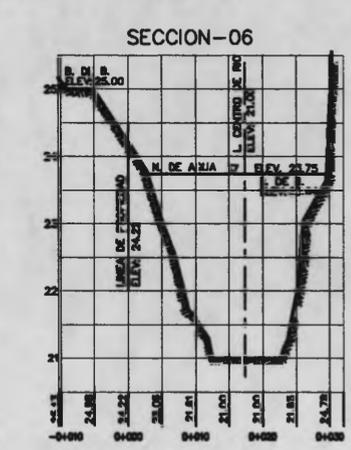
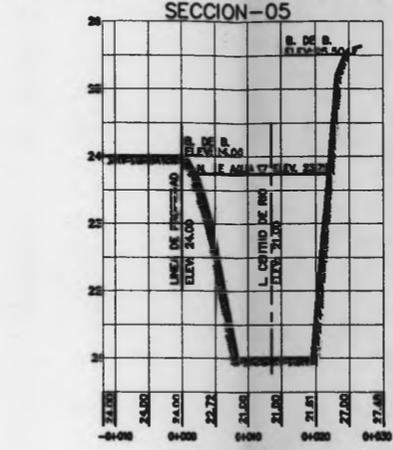
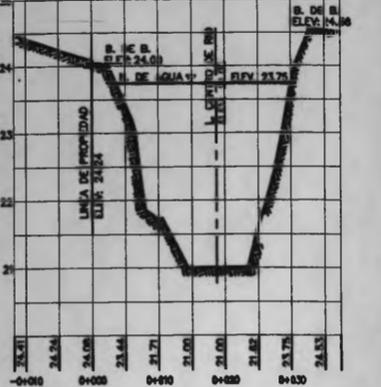
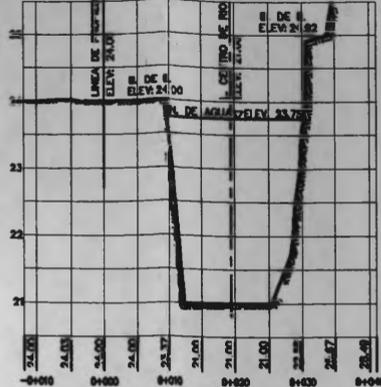
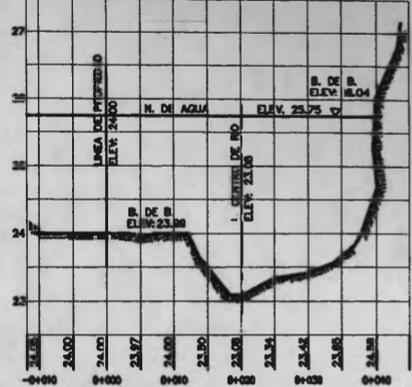
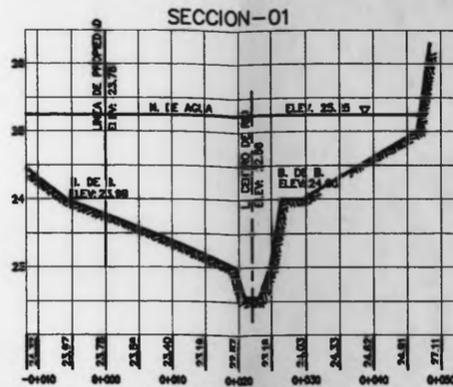
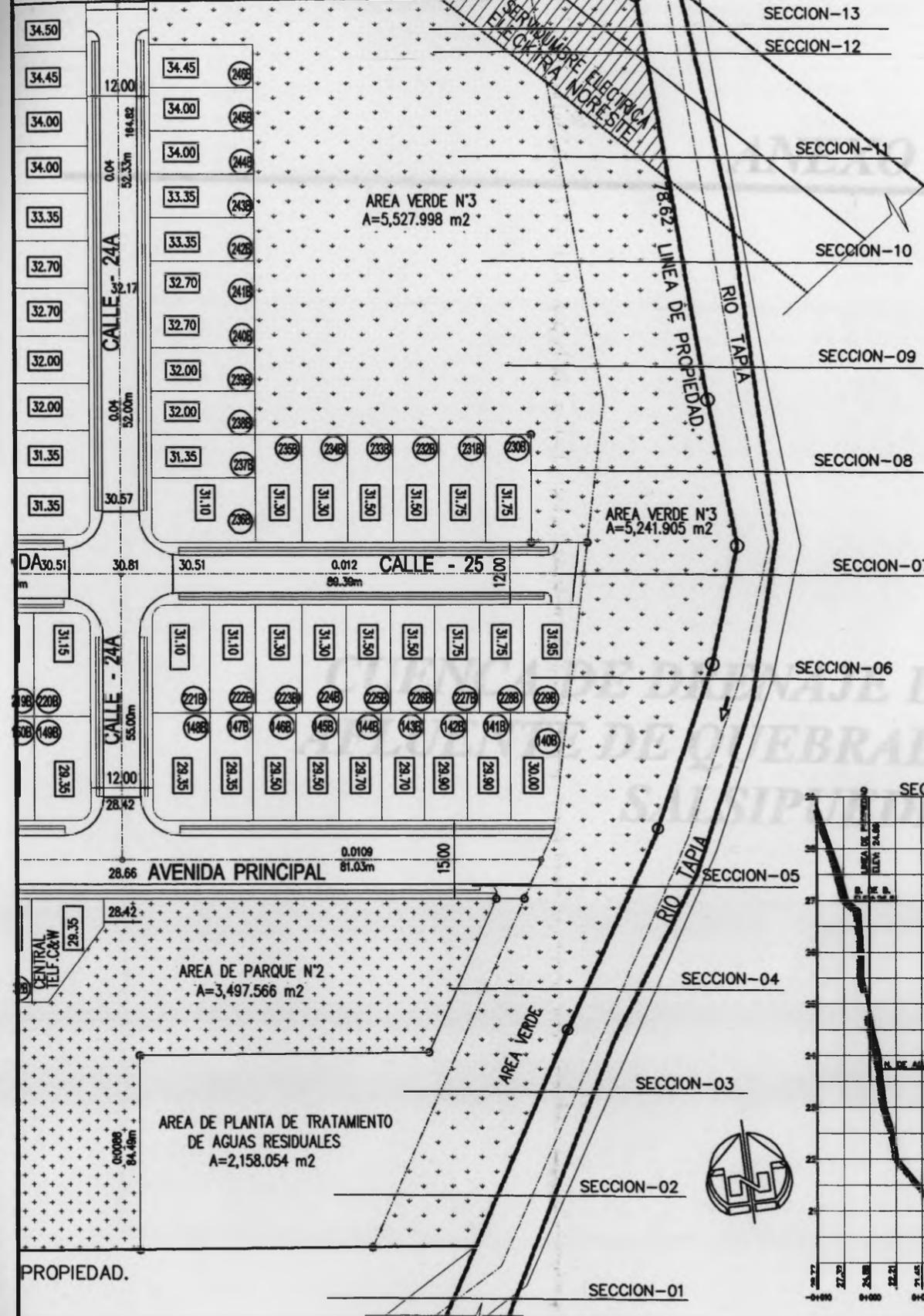
SECCIONES TRANSVERSALES DEL  
RÍO TAPIA

***ANEXO D***

---

***SECCIONES TRANSVERSALES DEL  
RÍO TAPIA***





AURELIO ANTONIO ESCALONA M.  
INGENIERO CIVIL  
CERTIFICADO N° 88-008-048

FIRMA  
LEY 10 DEL 20 DE JUNIO DE 1958  
COMITE TECNICO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TROPICAL PLANT PRODUCTS, INC.  
DUEÑO O REPRESENT. LEGAL

No CED.

**F.G. GUARDIA y ASOCIADOS, S.A.**  
APARTADO: 8272 ZONA: 8A

PROYECTO: URBANIZACION  
**LOS ALTOS DE PEDREGAL**  
SECCIONES TRANSV. DEL RIO TAPIA

ROJO N°  
DE

INGENIERO: ING. A. ESCALONA  
CALCULO: ING. A. ESCALONA  
DIBUJO: E. de F. C. BROS  
REVISADO: ING. I. GUARDIA  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: JULIO - 06

PROP. DE: TROPICAL PLANT PRODUCTS, INC.  
EMPRESA DE EL GOBIERNO DE PANAMA, SUJETO  
DE PANAMA, PROVINCIA DE PANAMA, REPUBLICA DE PANAMA.

SECCION DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES MUNICIPALES

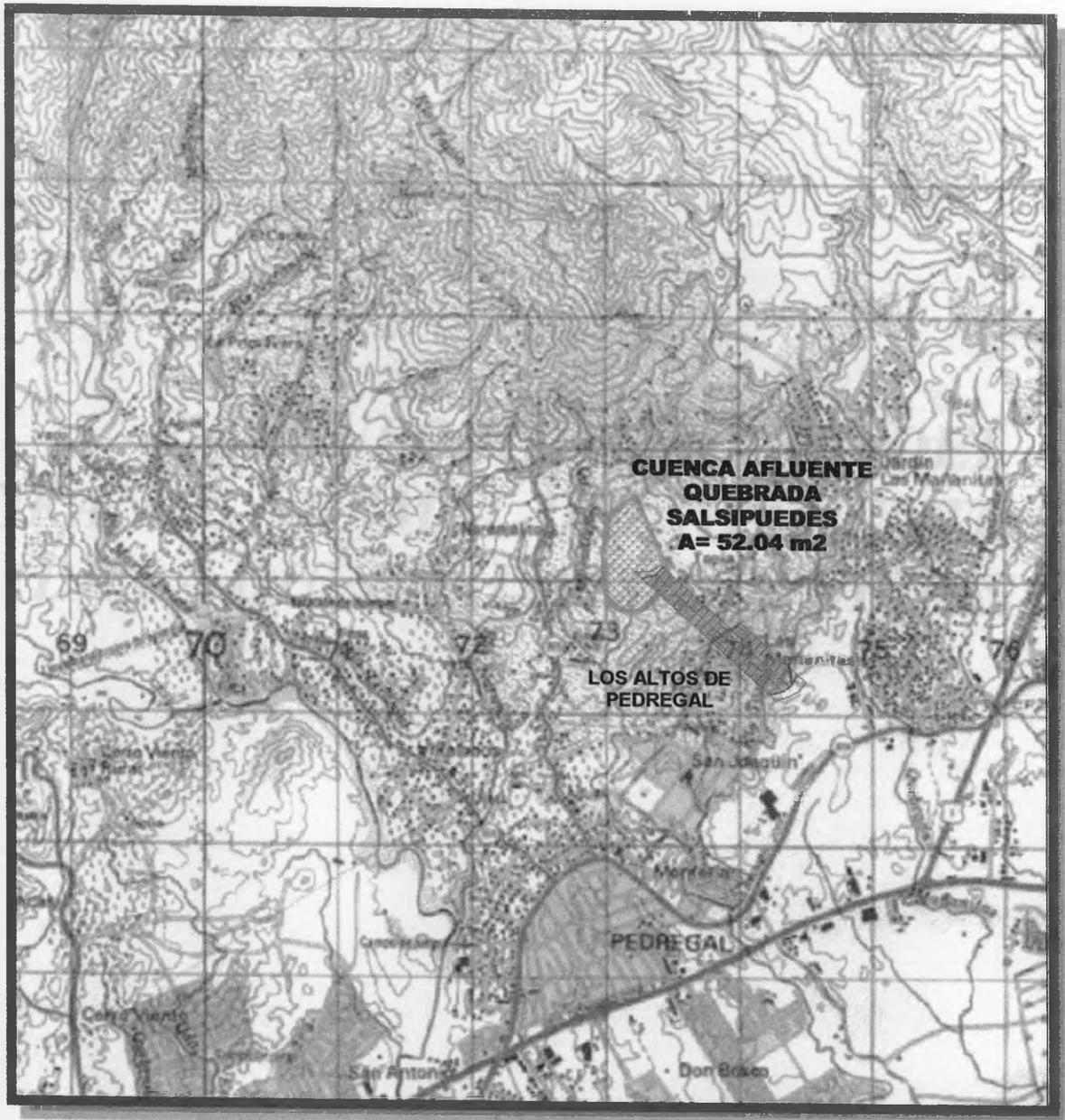
# **ANEXO E**

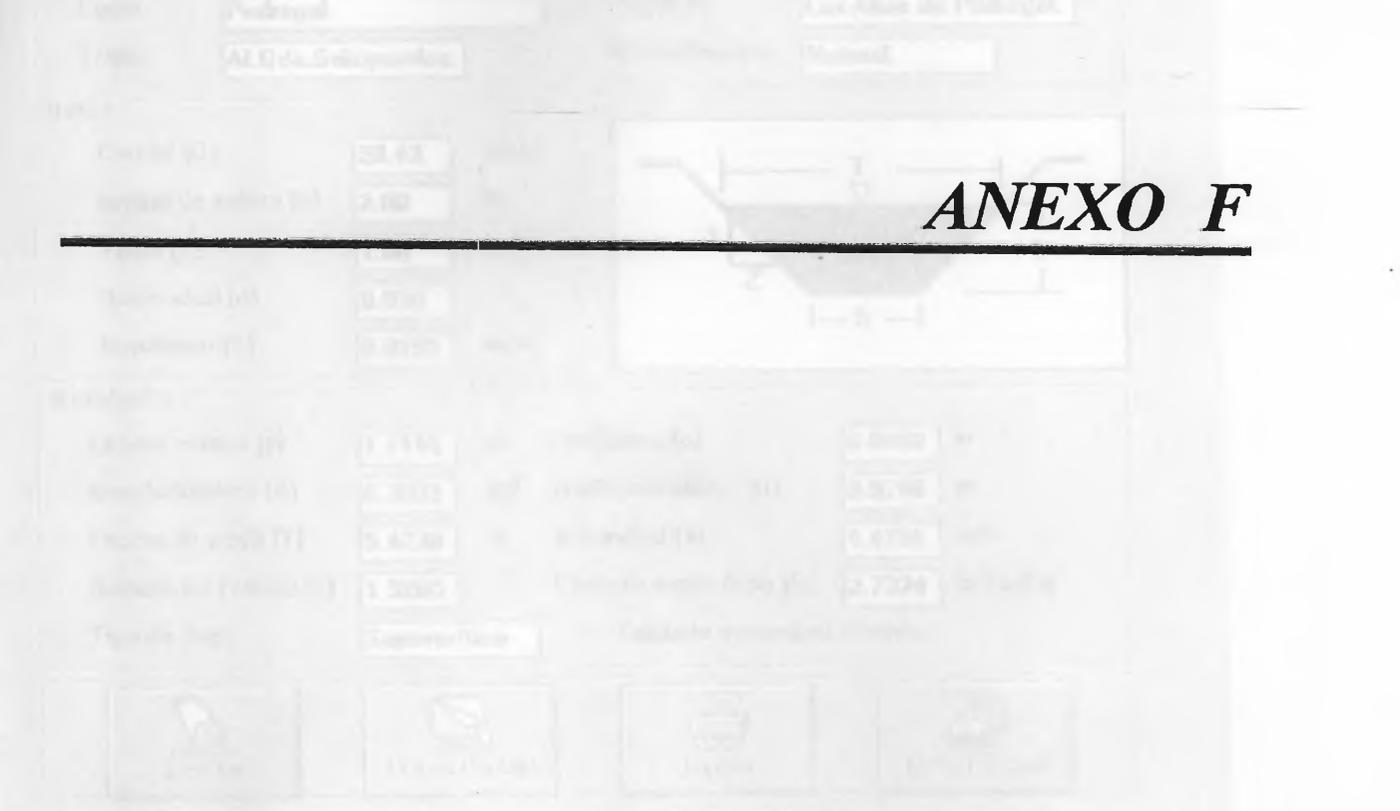
---



***CUENCA DE DRENAJE DE  
AFLUENTE DE QUEBRADA  
SALSIPUEDES***

ANEXO F





**ANEXO F**

---

***CALCULO HIDRÁULICO DEL  
TIRANTE NORMAL DEL AFLUENTE  
DE LA QUEBRADA SALSIPUEDES***

Lugar: **Pedregal.**

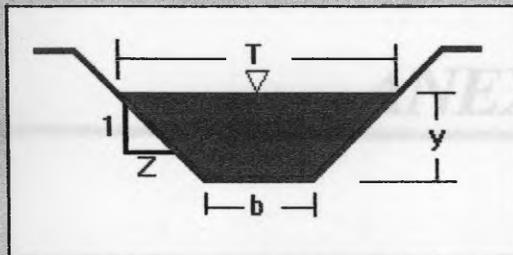
Proyecto: **Los Altos de Pedregal.**

Tramo: **Af. Qda. Salsipuedes.**

Revestimiento: **Natural.**

Datos :

Caudal (Q)	<b>28.43</b>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b)	<b>2.00</b>	m
Talud (Z)	<b>1.00</b>	
Rugosidad (n)	<b>0.030</b>	
Pendiente (S)	<b>0.0199</b>	m/m



Resultados :

Tirante normal (y)	<b>1.7115</b>	m	Perímetro (p)	<b>6.8409</b>	m
Área hidráulica (A)	<b>6.3522</b>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	<b>0.9286</b>	m
Espejo de agua (T)	<b>5.4230</b>	m	Velocidad (v)	<b>4.4756</b>	m/s
Número de Froude (F)	<b>1.3203</b>		Energía específica (E)	<b>2.7324</b>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<b>Supercrítico</b>		Cuidado velocidad erosiva		

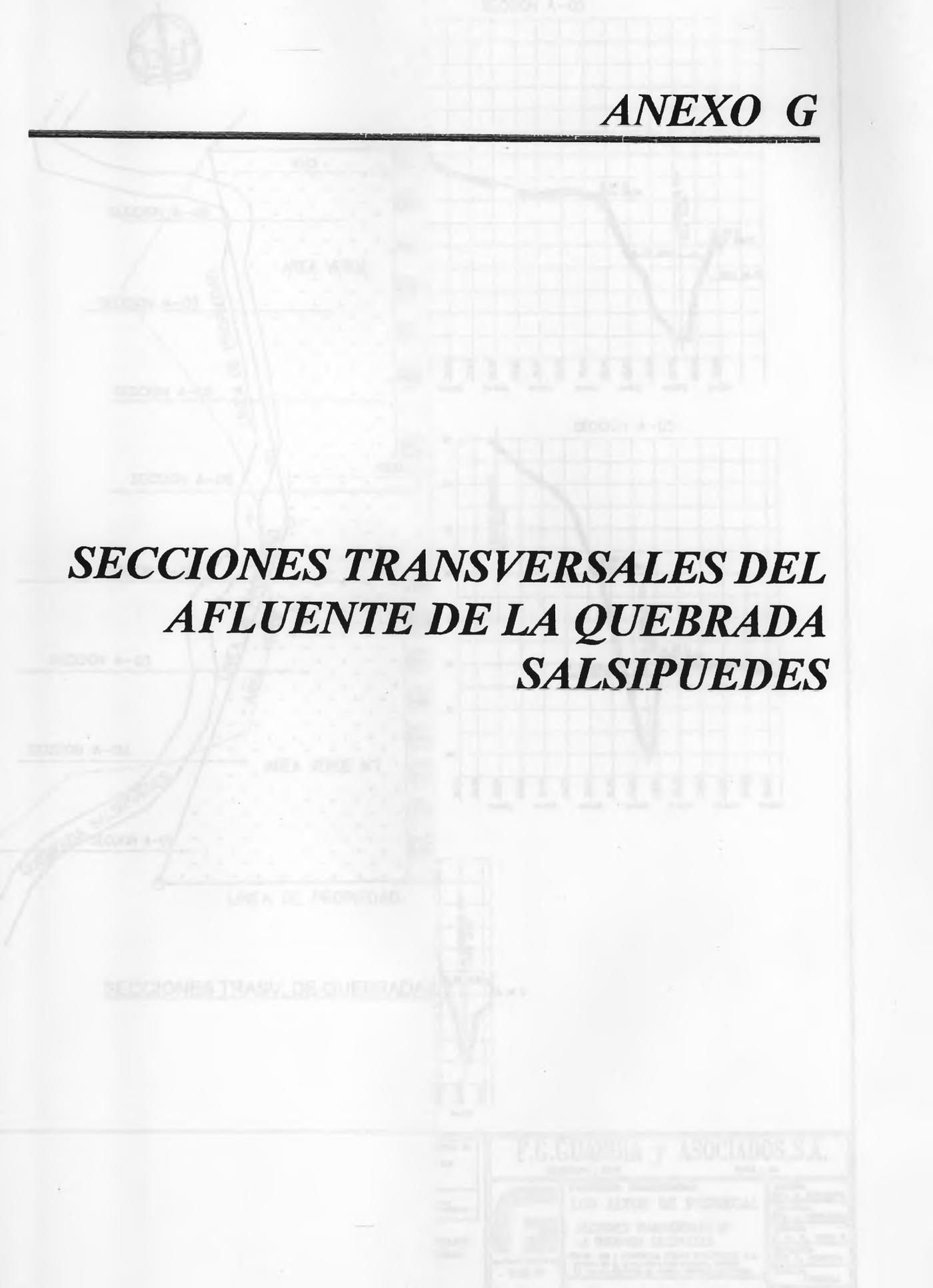


Realiza la impresión de la pantalla

SECCIONES TRANSVERSALES DEL  
AFLUENTE DE LA QUEBRADA  
SALSIPUEDES

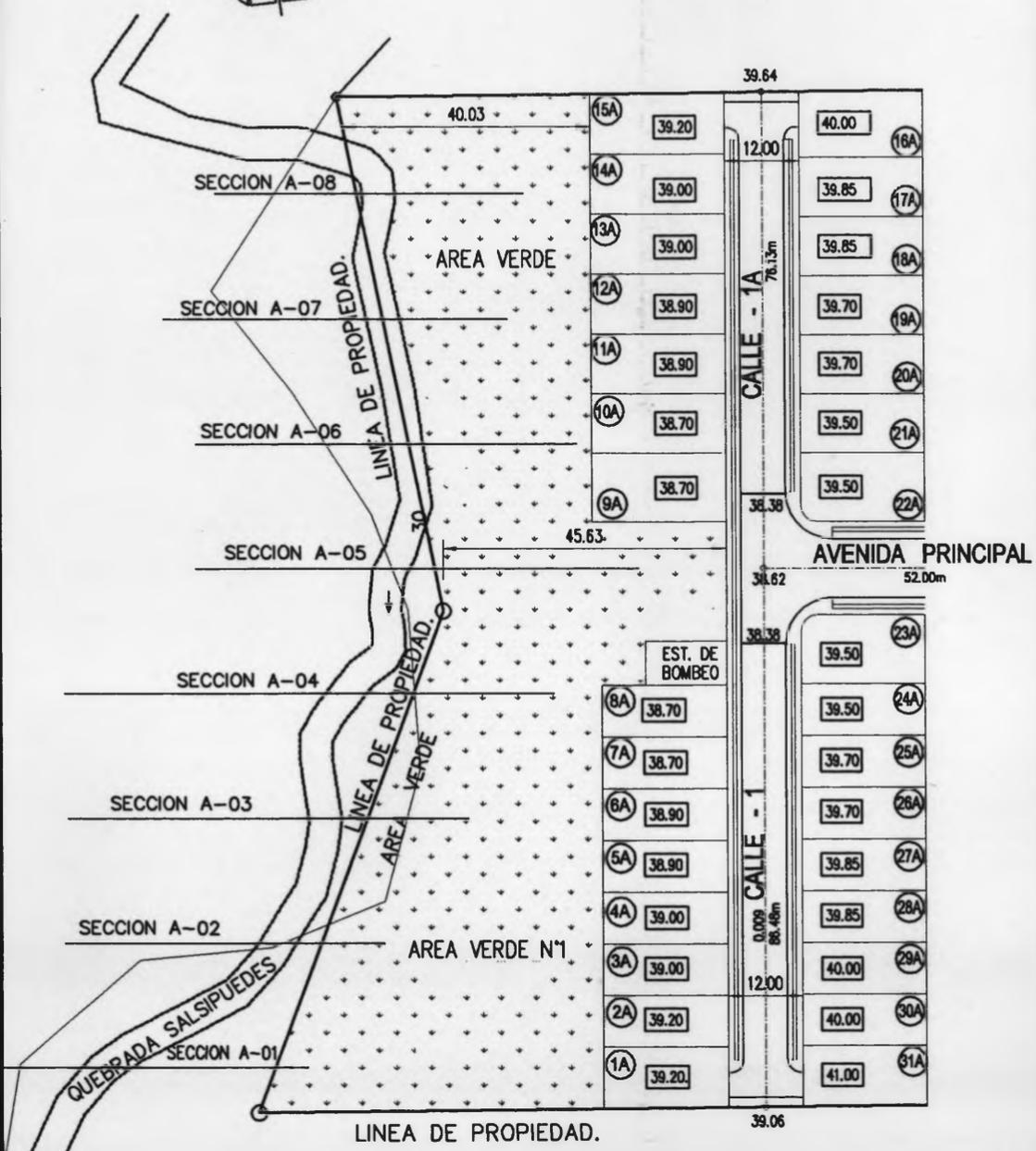
**ANEXO G**

**SECCIONES TRANSVERSALES DEL  
AFLUENTE DE LA QUEBRADA  
SALSIPUEDES**

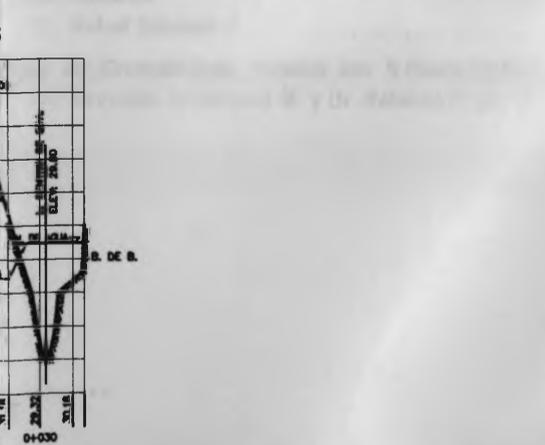
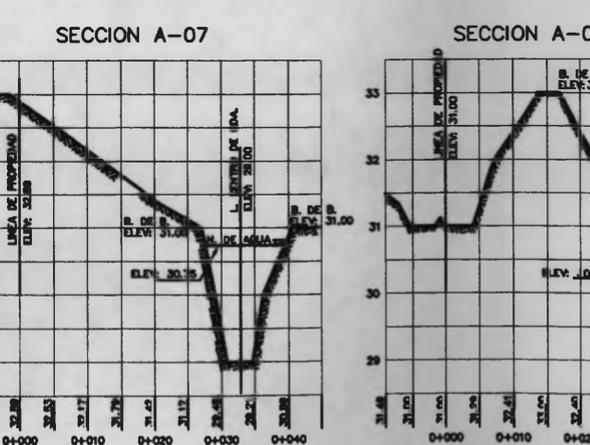
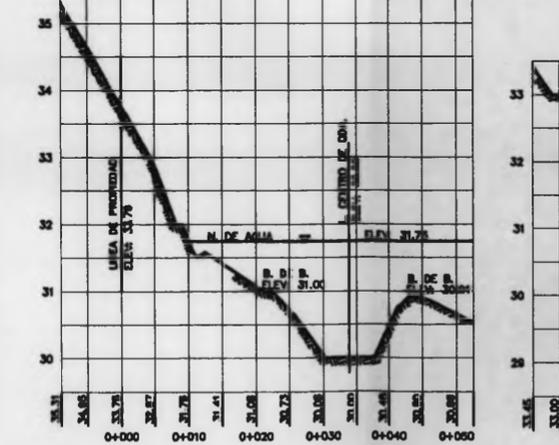
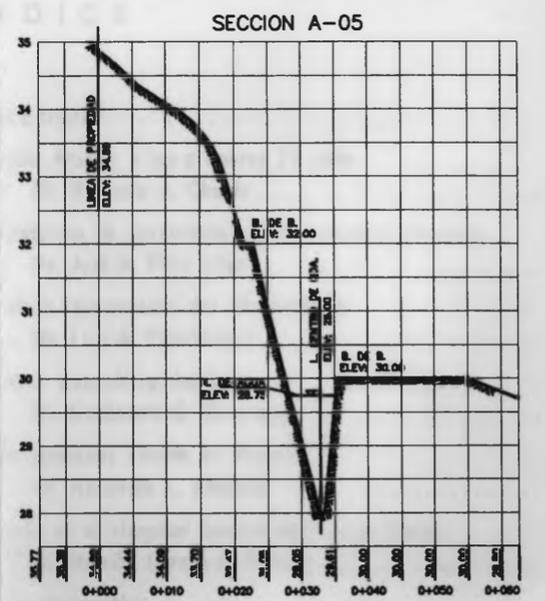
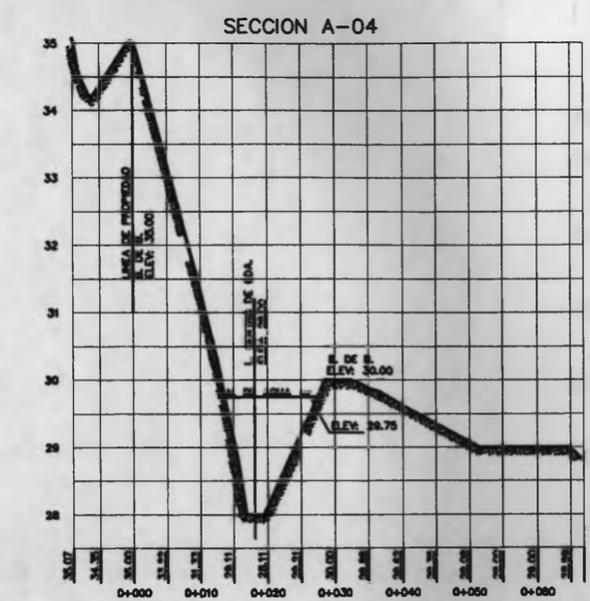
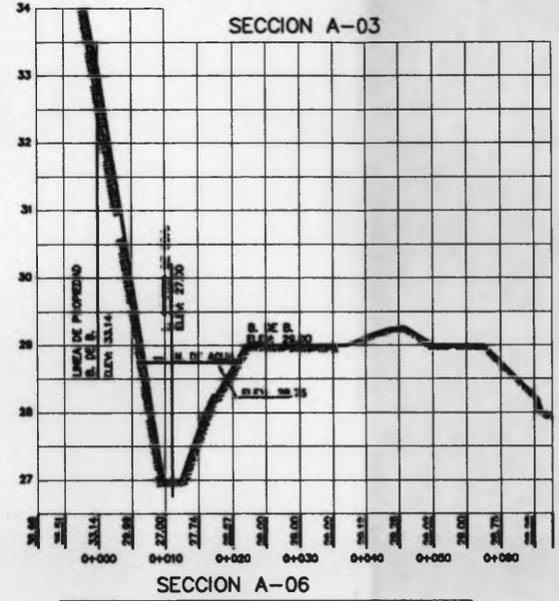
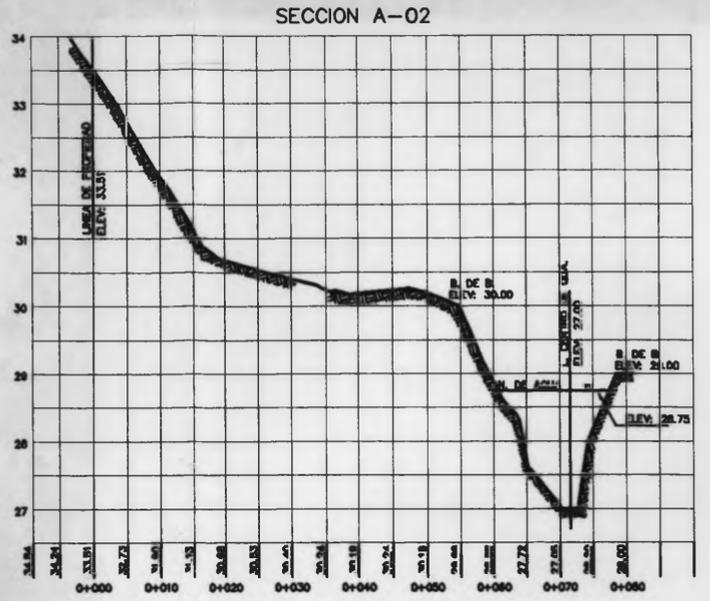
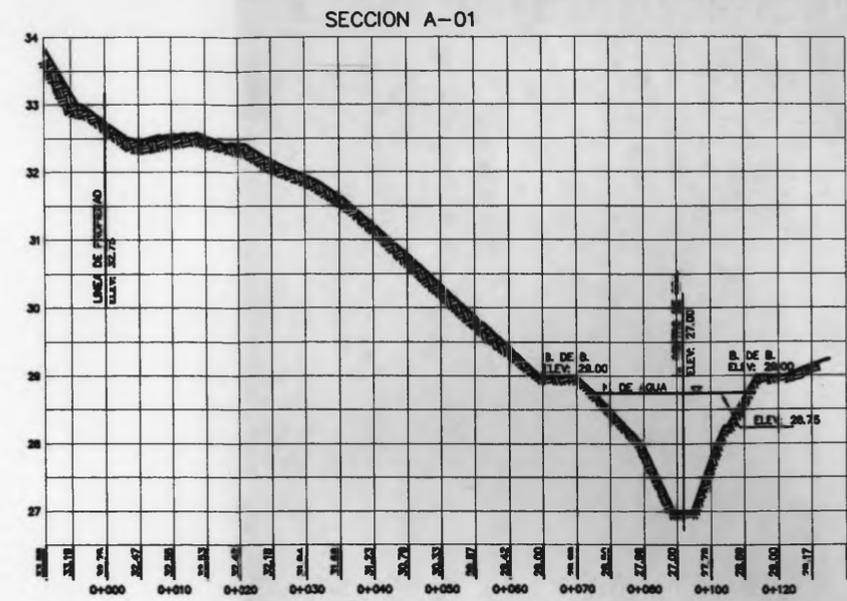


E.C. GUERRA Y ASOCIADOS S.A.

INGENIERIA DE PROYECTO  
INGENIERIA DE DISEÑO  
INGENIERIA DE EJECUCION



SECCIONES TRASV. DE QUEBRADA SALSIPUEDES  
 ESCALA VERT : 1=50  
 ESCALA HORIZ : 1=500



AURELIO ANTONIO ESCALONA M.  
 INGENIERO CIVIL  
 CERTIFICADO N° 86-008-048

FIRMA  
 LEY 18 DEL 28 DE ENERO DE 1989  
 SANTA TÉCNICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TROPICAL PLANT PRODUCTS, INC.  
 DUEÑO O REPRESENT. LEGAL.

No CED.

**F.G. GUARDIA y ASOCIADOS, S.A.**  
 APARTADO : 8872 BOMA : 9A

PROYECTO: URBANIZACION  
**LOS ALTOS DE PEDREGAL**  
 SECCIONES TRANSVERSALES DE  
 LA QUEBRADA SALSIPUEDES

PROP. DE : TROPICAL PLANT PRODUCTS, S.A.  
 UNICADA EN EL GOBIERNO DE PEDREGAL, DISTRITO  
 DE PANAMA, PROVINCIA DE PANAMA, REPUBLICA DE PANAMA.

HOJA N°  
 DE

REVISOR: ING. L. GUARDIA  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: JULIO -05

DIRECCION DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES MUNICIPALES