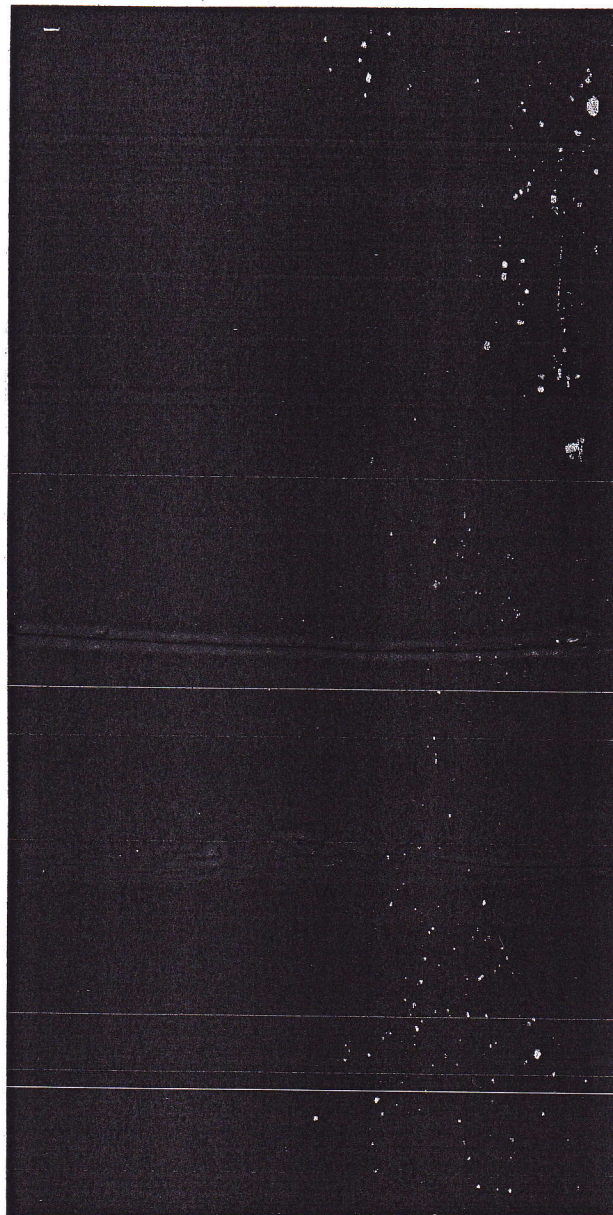


Simulación Hidrológica & Hidráulica
Rio Tocumen y Rio Aguacate
en Secciones Determinadas

PROVIENDA
DOCUMENTO EXTERNO
CONTROLADO



Realizado Por:
Ing. Eberto E. Anguizola M. MSc
Consultor Ambiental -IRC-015-2007

Noviembre 2007

EBERTO E. ANGUIZOLA M. INGENIERO CIVIL Licencia No. 91407-96	F I R M A
Ley 15 del 26 de Enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura	

PROVIENDA
DOCUMENTO EXTERNO
CONTROLADO

Introducción

La Cuenca del río Tocumen se encuentra dentro de los nuevos límites del a ciudad de Panamá. Esta cuenca se extiende en la parte (Norte) desde los **Altos de Cerro Azul** hasta el **océano Pacífico**, teniendo como límite Este la **Cuenca del Río Pacora** y por el Oeste, la **Cuenca del Río Juan Díaz**. El área de esta cuenca, es de 178.9 Km², esta drenada por tres subcuencas. De Oeste a Este, se trata de los ríos Tapia, Tocumen y Cabra. Cada una de ella con una red interior, en donde dominan los ríos de primer orden y segundo orden de magnitud. Para mejor comprensión de esta red, las afluentes con un comportamiento hidráulico son: por la derecha encontramos los ríos Tagarete, Tapia, y quebrada Las Palmas. Por la margen izquierda recibe las aguas de los ríos Aguacate, Cabra y de la quebrada La Canal.

El río Tocumen (presentado en este estudio), da nombre a la cuenca y ocupa su parte central. Tiene una longitud de **22.5** Kilómetros.

De acuerdo a información suministrada por el **(IDEN)** Instituto de Estudios Nacionales de la Universidad de Panamá, en el libro; Riesgo y Vulnerabilidad en la cuenca del río Tocumen, la misma esta constituida por aproximadamente **84 cursos** de agua entre ríos y riachuelos de los cuales 63 son de primer orden, dos de tercer orden uno de cuarto orden (**Río Tocumen**), que alcanza esta jerarquía bastante próxima a su desembocadura, luego que se le une el río Cabra, que viene con una Jerarquía de tres, aumentada por su afluente el río cabuya.

Para este estudio el río Tocumen pasa entre las cotas 80-60 (metros nivel medio del mar), en donde tienes velocidades capaces de desalojar el caudal proveniente de la parte alta. En estas cotas podemos encontrar dos tipos de vertientes: a) las vertientes convexas que suponen un substratum magnético, y b) las vertientes convexo-cóncavas producto del fuerte grado de disección y de la erosión lineal.

En esta Simulación se presenta:

1. Secciones del Plan Maestro del Río Tocumen y del Río Aguacate.
2. Secciones con la simulación de niveles de Agua 1: 50 y 1: 100
3. Esta simulación considero el parámetro simultaneo de crecida del río Tocumen y el Río Aguacate, con respecto al Proyecto
4. Se verificó los niveles de Terracería, Calles y Sistema Pluvial, con respecto a los niveles 1:50 y 1:100
5. Al respecto de lo anterior, se hacen recomendaciones de niveles mínimos de acuerdo a los resultados.

Información del Programa Utilizado:

El Modelo Hidráulico HEC-RAS

El modelo HEC-RAS para la determinación de perfiles de superficie de agua fue creado por (US ARMY ENGINEER CORP) el cual desarrollo un Sistema de Análisis de Ríos entre los años 1995-00. El modelo HEC-RAS es idéntico al modelo HEC-2, con unos pocos cambios menores. Los objetivos, metas y resultados de los programas son los mismos. La gran mejora es la adición del poder gráfico al usuario. El GUI es un Sistema de Windows que permite al usuario entrar, editar y desplegar datos y gráficas en un formato de lectura fácil. Esta capacidad permite al modelador una mejor visualización del río y su condición.

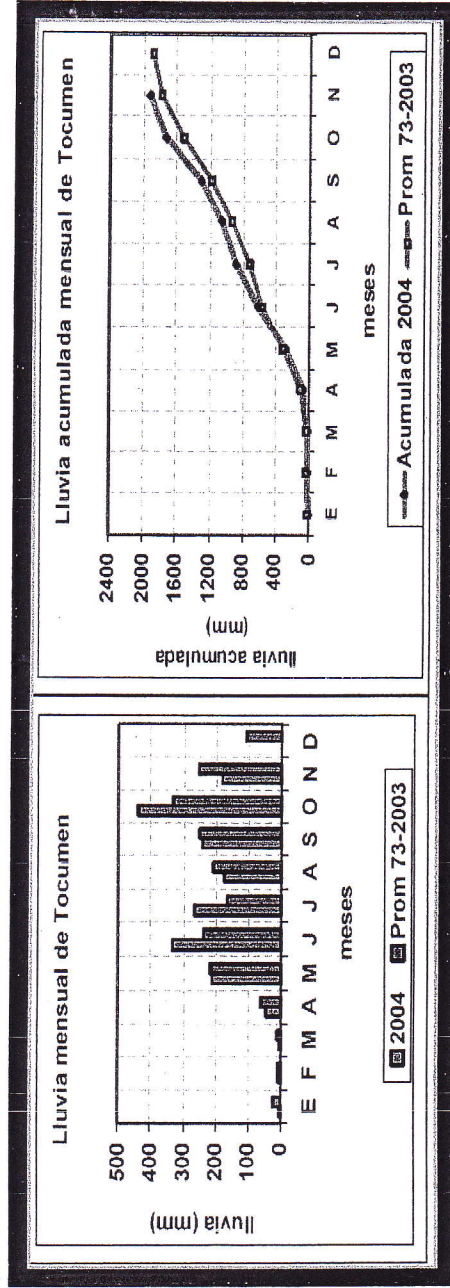
Método de análisis utilizando el programa de HEC-RAS para este estudio.

Con la información topográfica del río Tocumen y el río Aguacate, se procedió con la utilización de este método para simular los niveles de superficie del agua en secciones transversales críticas y con curso definido, a lo largo del proyecto Urbanístico Arrecif

Información Adicional Utilizada:

Enero	38.1	29.3
Febrero	18.4	9.7
Marzo	20.8	13.7
Abril	141.2	61.8
Mayo	413.1	223.0
Junio	351.1	235.2
Julio	325.2	162.2
Agosto	357.1	241.9
Septiembre	493.3	245.8
Octubre	595.3	342.0
Noviembre	339.8	244.3
Diciembre	124.0	83.6
Total Anual	3217.4	1892.5

Fuente: ETESA



Parámetros de los Cálculos

Cálculo del área de drenaje:

El área de drenaje para los Río Tocumen y Aguacate en el sitio del proyecto es < 250 Ha, por lo tanto utilizaremos el Método Racional para la estimación de los caudales.

$$Q = CiA / 360$$

En donde:

Q = Caudal máximo en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área de drenaje en Ha.

EBERTO E. ANGUTZOLA M. INGENIERO CIVIL Licencia No. 91-007/015	
	
F I R M A	
Ley 15 del 26 de Enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura	

Coeficiente de escorrentía:

Se define como el porcentaje de lluvia que aparece como escurrimiento directo. Utilizaremos un coeficiente de escorrentía promedio de 0.85, ya que el área de la cuenca posee bastante vegetación.

Periodo de retorno (Tr):

Las suposiciones incluidas en la Fórmula Racional son:

- ✓ El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de lluvia ocurre si la duración de misma es igual o mayor que el tiempo de concentración.
- ✓ El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
- ✓ La frecuencia de ocurrencia del escurrimiento máximo es la misma que la de la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
- ✓ El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenaje y la intensidad de la lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
- ✓ El coeficiente de escorrentía permanece constante para todas las tormentas en una cuenca del río Tocumen

Se define como el intervalo de tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica.

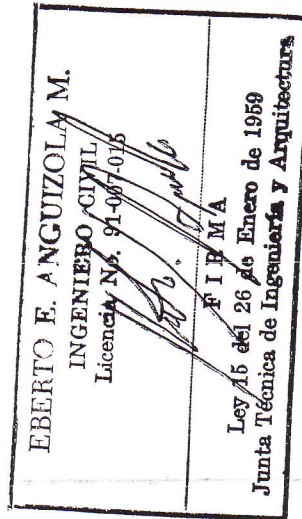
Intensidad de lluvia:

Utilizaremos las ecuaciones recomendadas por el MOP para la Vertiente del Pacífico para un período de retorno de 1:50

$$i = \frac{370}{tc + 33} (1 : 50 \text{ años})$$

En donde:

- t_c = Tiempo de concentración en minutos
- L = Longitud de la cuenca en Kilómetros
- P = Pendiente de la cuenca en m/m



Parámetros de los Cálculos Hidráulicos

Para el cálculo de la profundidad e flujo normal (Y_n) utilizaremos la ecuación de Manning para canales abiertos.

$$Q = c/n RH^{2/3} S^{1/2} A$$

En donde:

Q = Caudal en m^3/s

c = Coeficiente (depende del sistema de unidades)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (depende del tipo de superficie en contacto con el agua)

RH = Radio hidráulico en metros

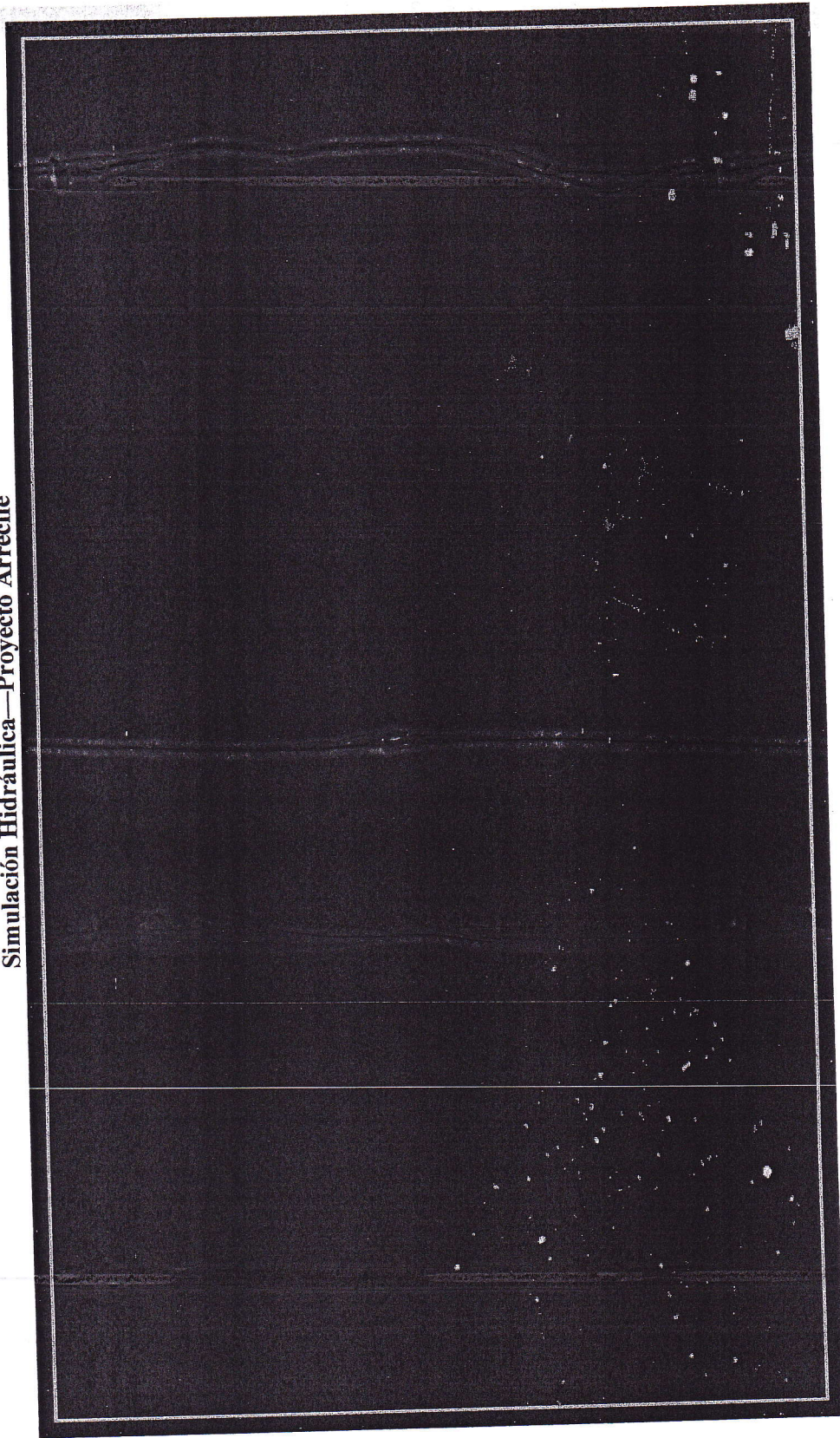
S = Pendiente longitudinal en m/m

A = Área de la sección transversal en m^2

$c = 1.00$ (sistema métrico)

RH = Área / Perímetro mojado

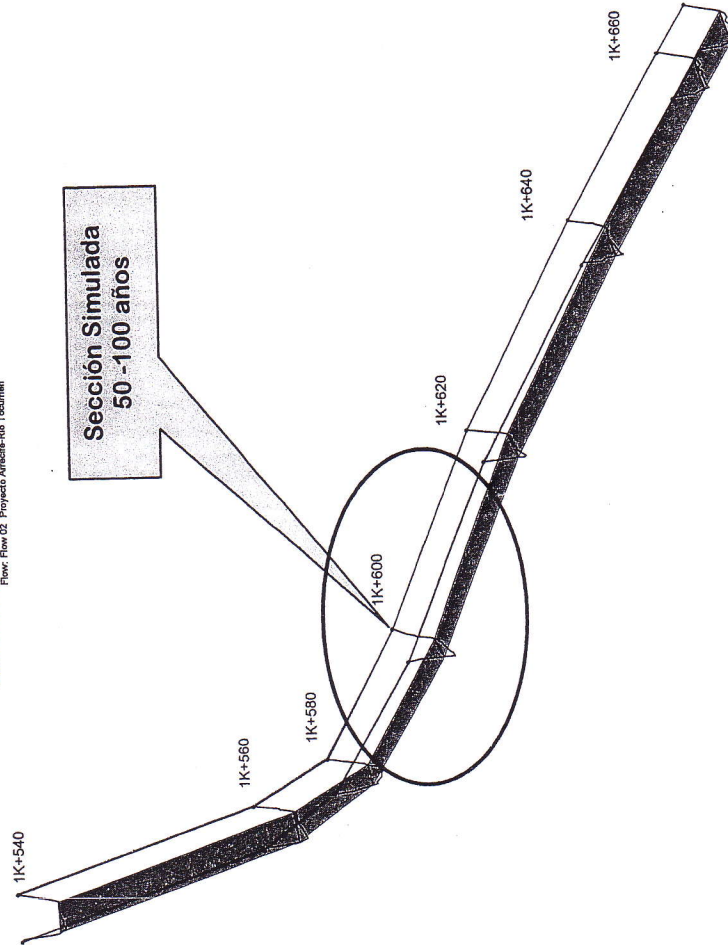
Área de Estudio
Simulación Hidráulica—Proyecto Arrecife



RIO TOCUMEN

SECCION 1K+600

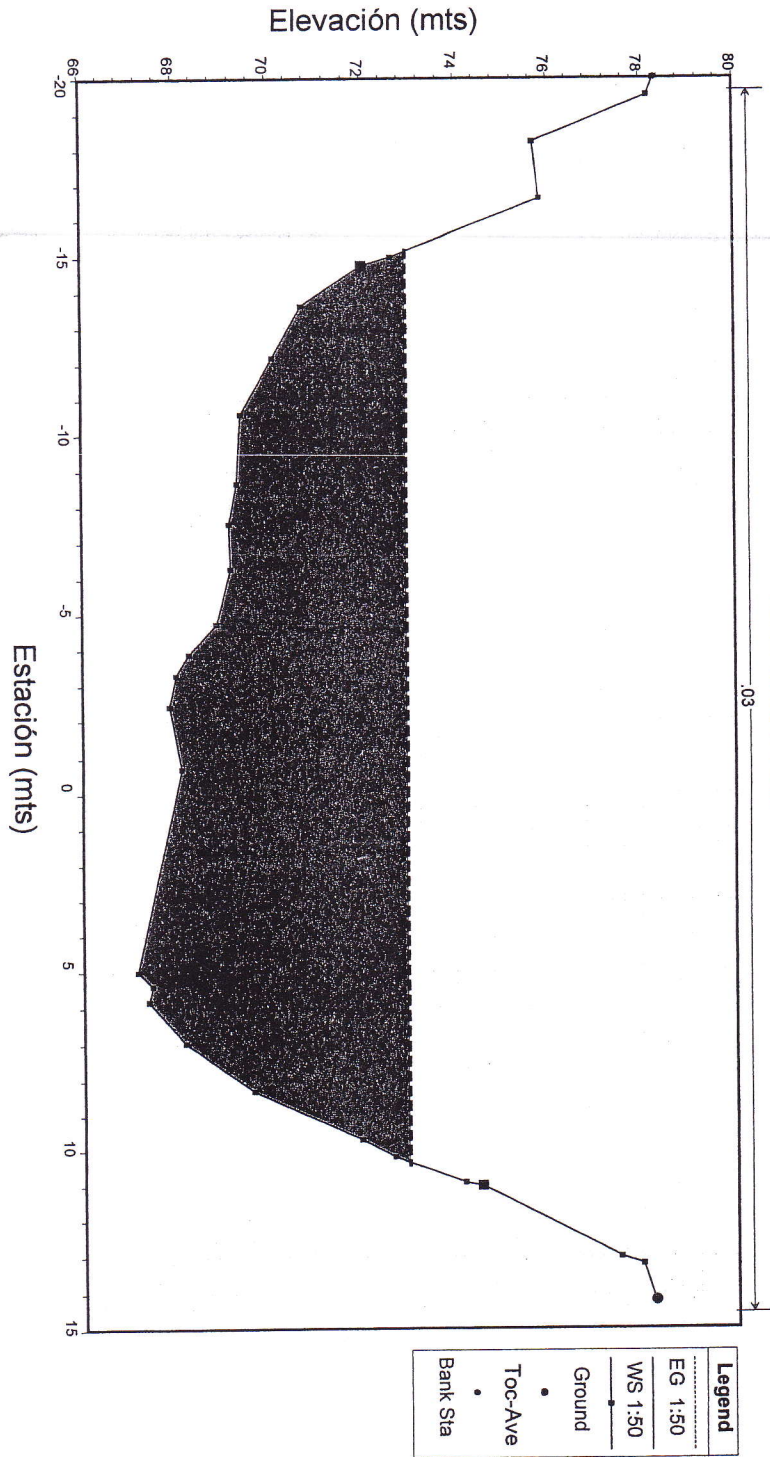
Proyecto Arreda Río Tocumen Plan: Río Tocumen Arreda1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02 Proyecto Arreda Río Tocumen



ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Río Tocumen
(1K+600) Simulación 1:50

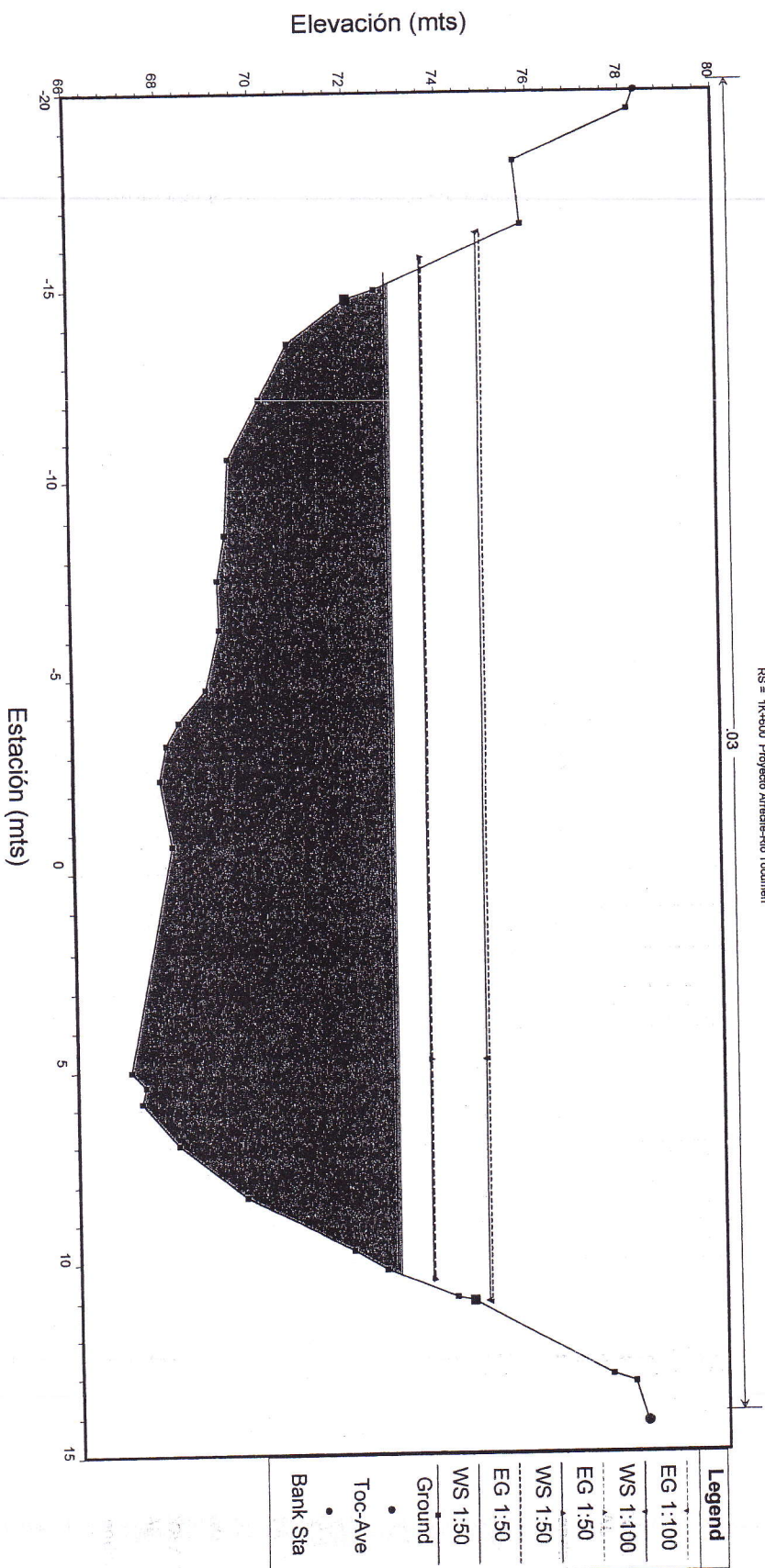
Proyecto Arrecife Río Tocumen Part: Río Tocumen Arrecife 1 11/17/2007 2:07:01 PM
 RS = 1K+600 Projecto Arrecife Río Tocumen



ELABORADO POR:
 ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
 CONSULTOR AMBIENTAL
 IRC-015-2007
 landstarpanama@cableonda.net

Rio Tocumen (1K+600) Simulación 1:100

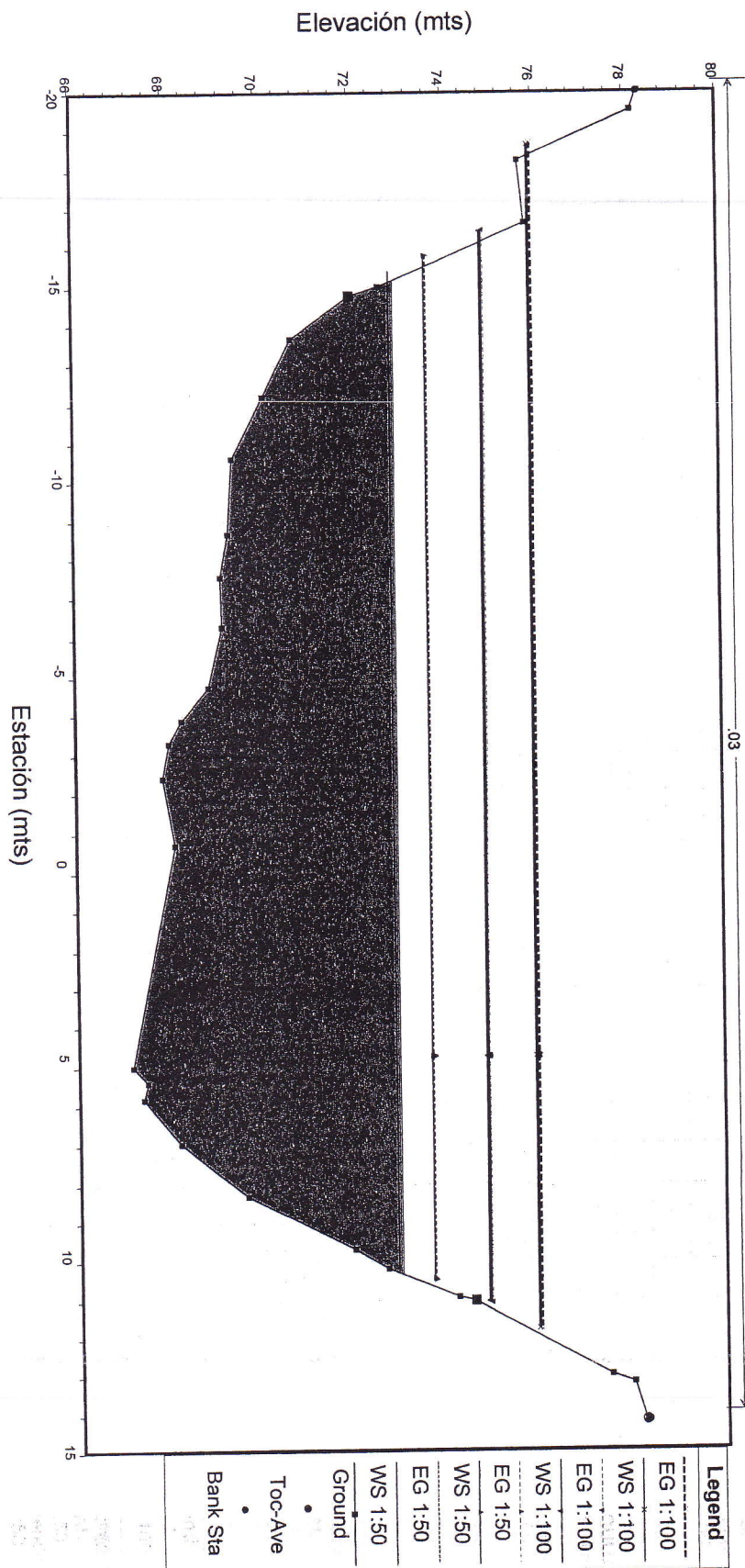
Proyecto Arredio Rio Tocumen Plan Rio Tocumen Arredio 1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02
RS = 1K+600 Proyecto Arredio-Rio Tocumen



ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Rio Tocumen (Principal)+ Rio Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (1K+600) Simulación 1:100

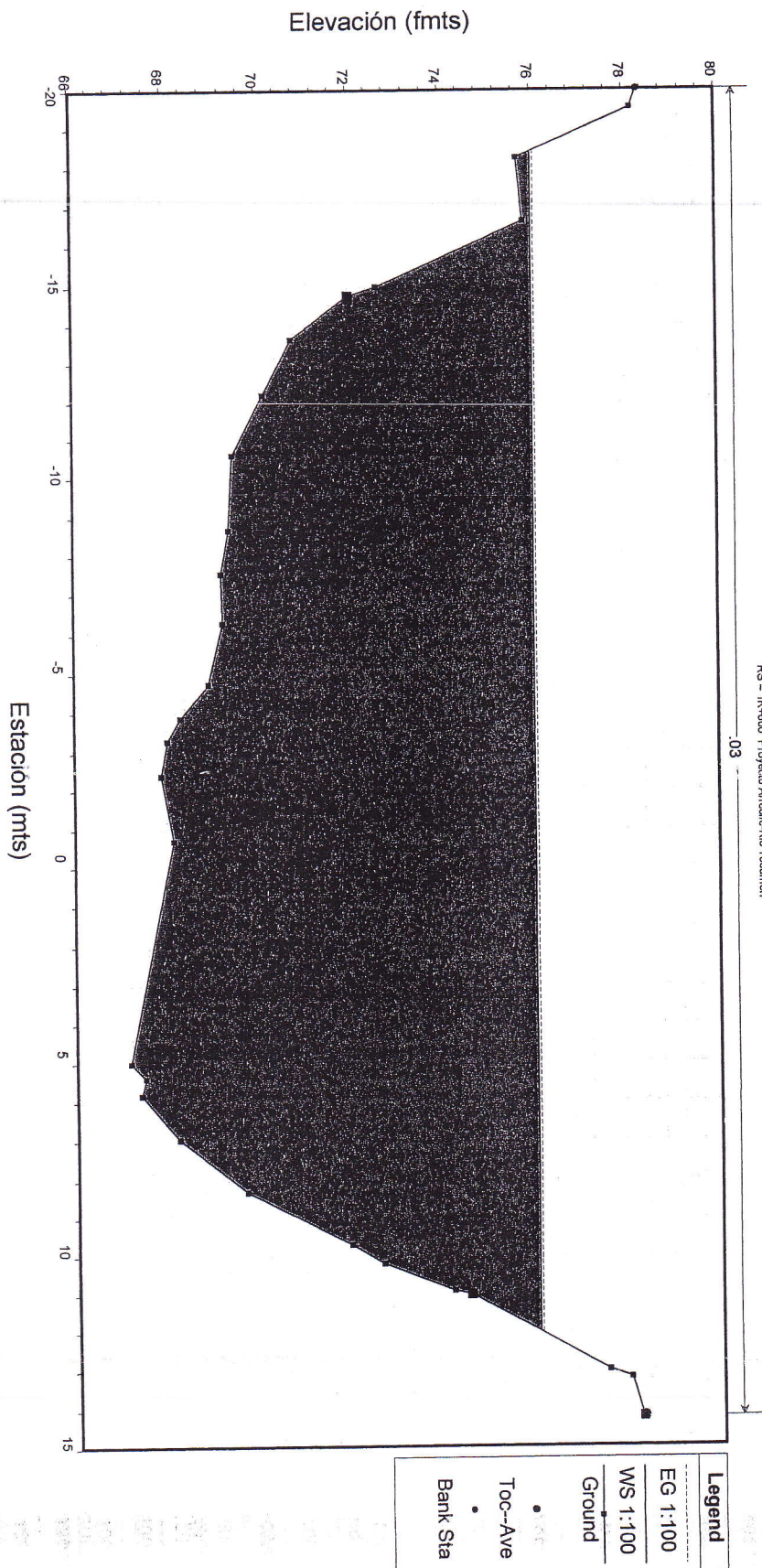
Proyecto Arrecife Rio Tocumen Plan: Rio Tocumen Arrecife1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02
RS = 1K+600 Proyecto Arrecife-Rio Tocumen



ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M.Sc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

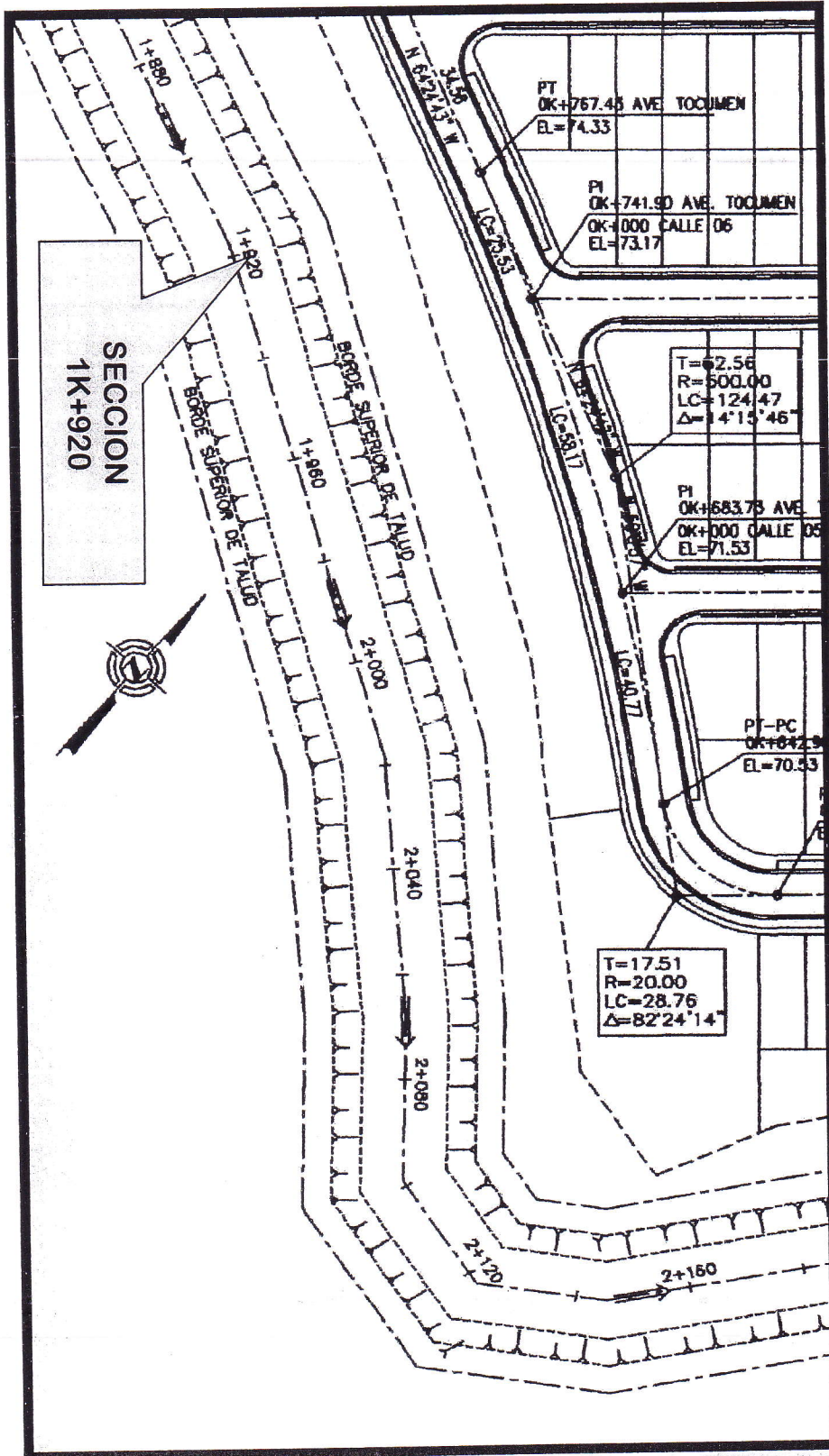
Río Tocumen (Principal)+ Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (1K+600) Simulación 1:100 Crecida Máxima

Proyecto Arredio Río Tocumen Plan: Río Tocumen Arredio 1 11/17/2007 2:07:01 PM
 Flow: Flow 02
 RS = 1K+600 Proyecto Arredio-Río Tocumen



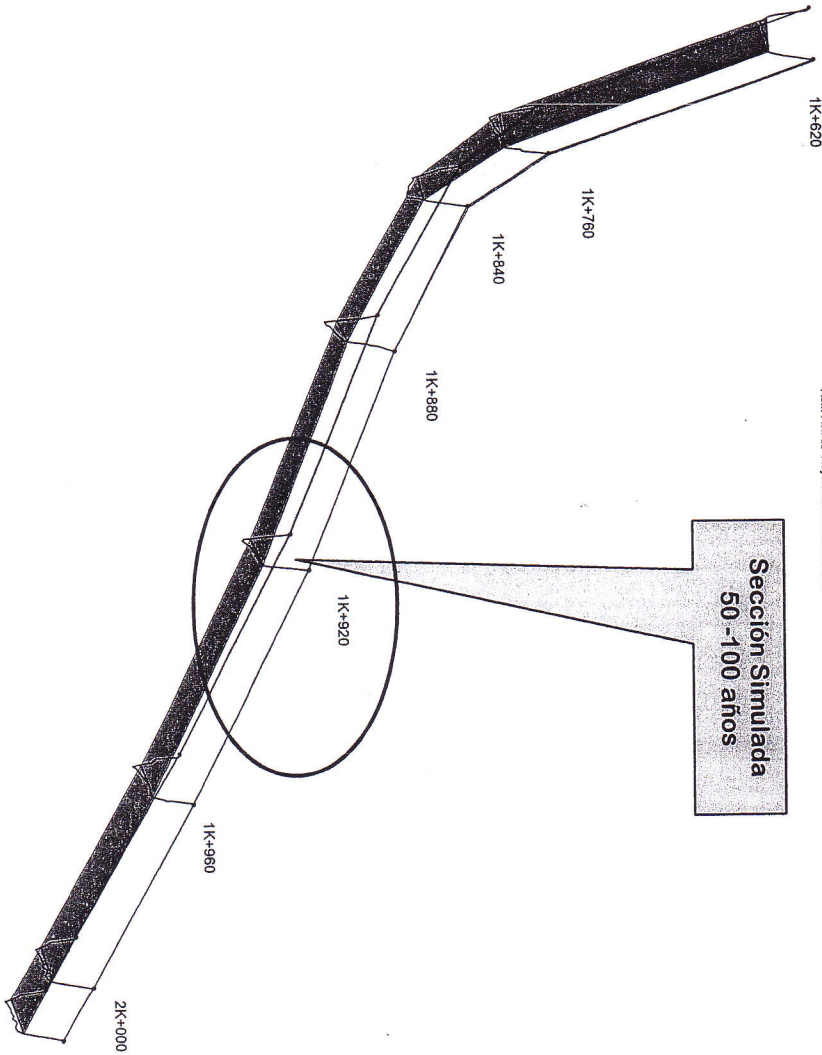
ELABORADO POR:
 ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
 CONSULTOR AMBIENTAL
 IRC-015-2007
 landstarpanama@cableonda.net

SECCION (1K+920)



1K+920

Proyecto Arrecife Río Tocumen Plan: Río Tocumen Arrecife 1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02 Proyecto Arrecife-Río Tocumen

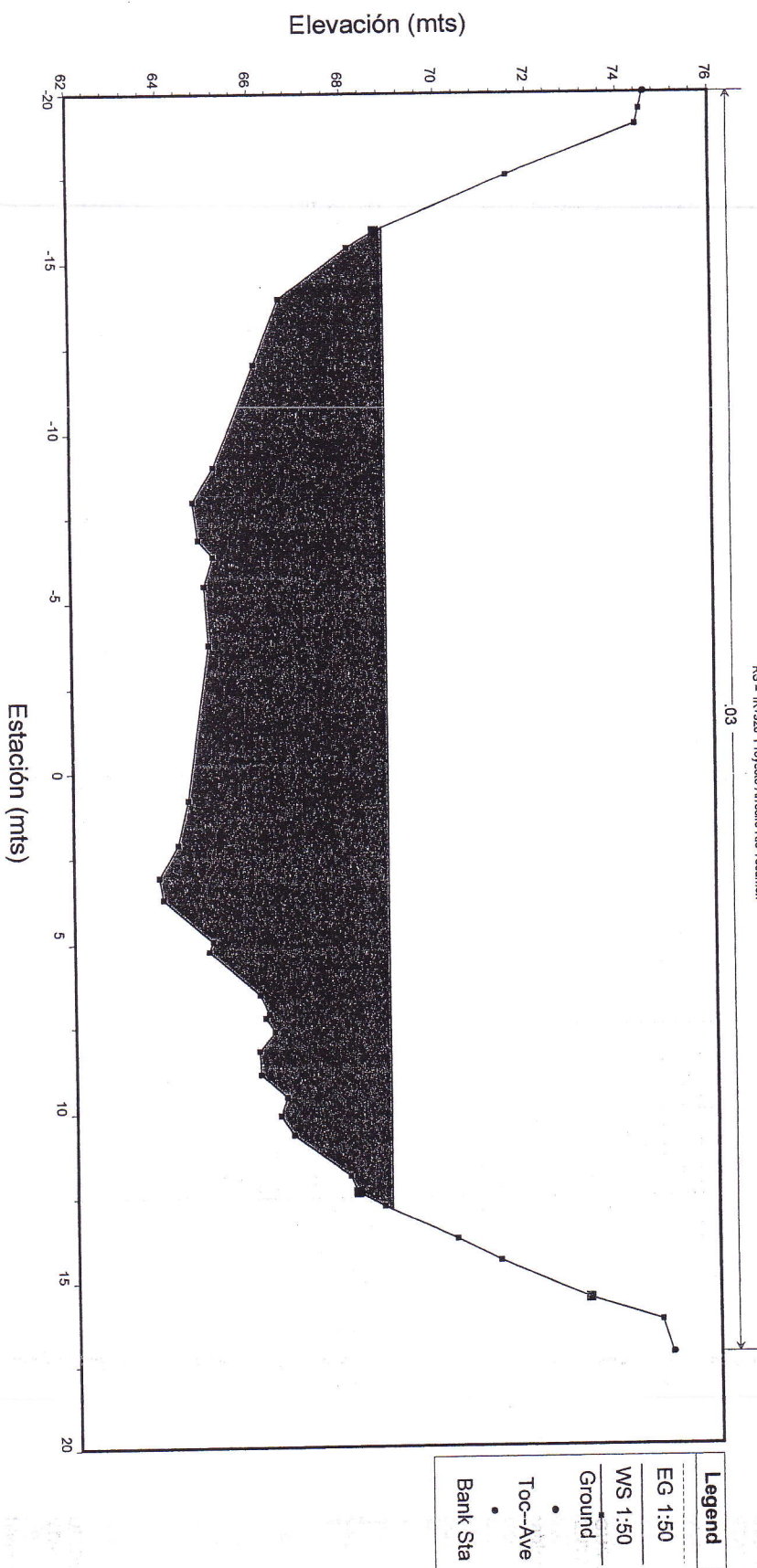


**Sección Simulada
50-100 años**

Rio Tocumen (1K+920) Simulación 1:50

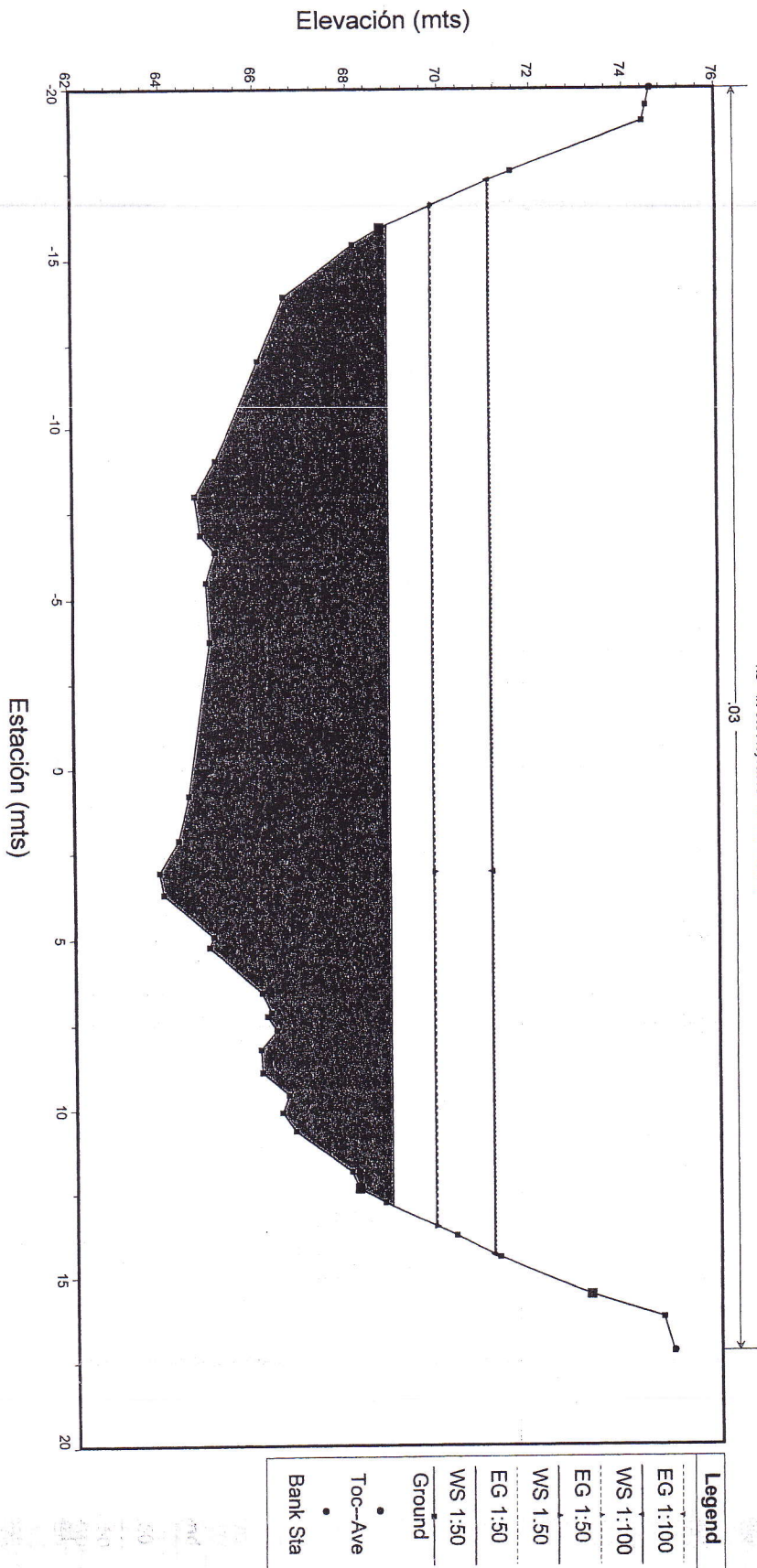
Proyecto Arredio Rio Tocumen Plan: Rio Tocumen Arredio 1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow Flow 02

RS = 1K+920 Proyecto Arredio-Rio Tocumen



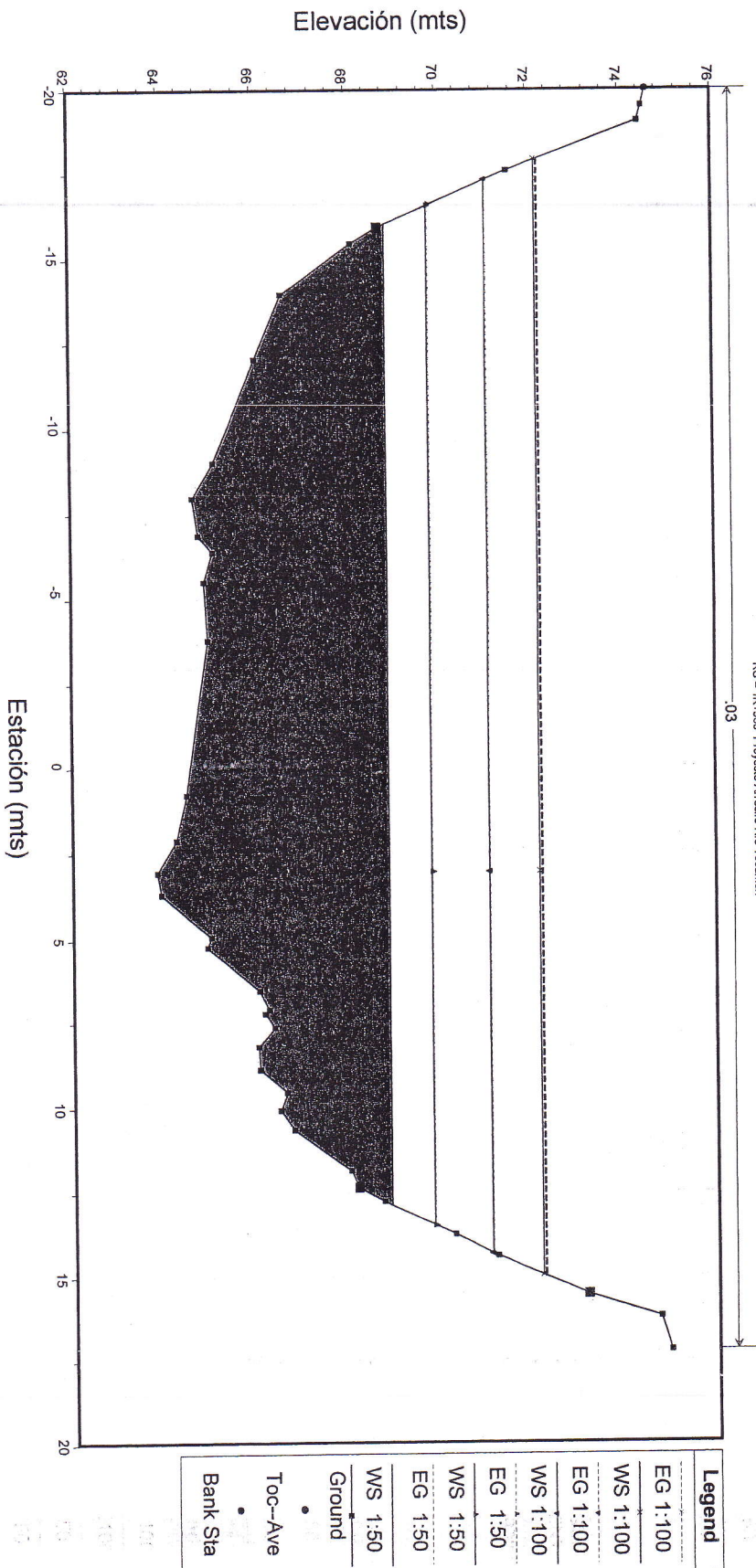
Rio Tocumen (1K+920) Simulación 1:100

Proyecto Arredio Rio Tocumen Plan: Rio Tocumen Arredio 1 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02
RS = 1K+960 Proyecto Arredio-Rio Tocumen



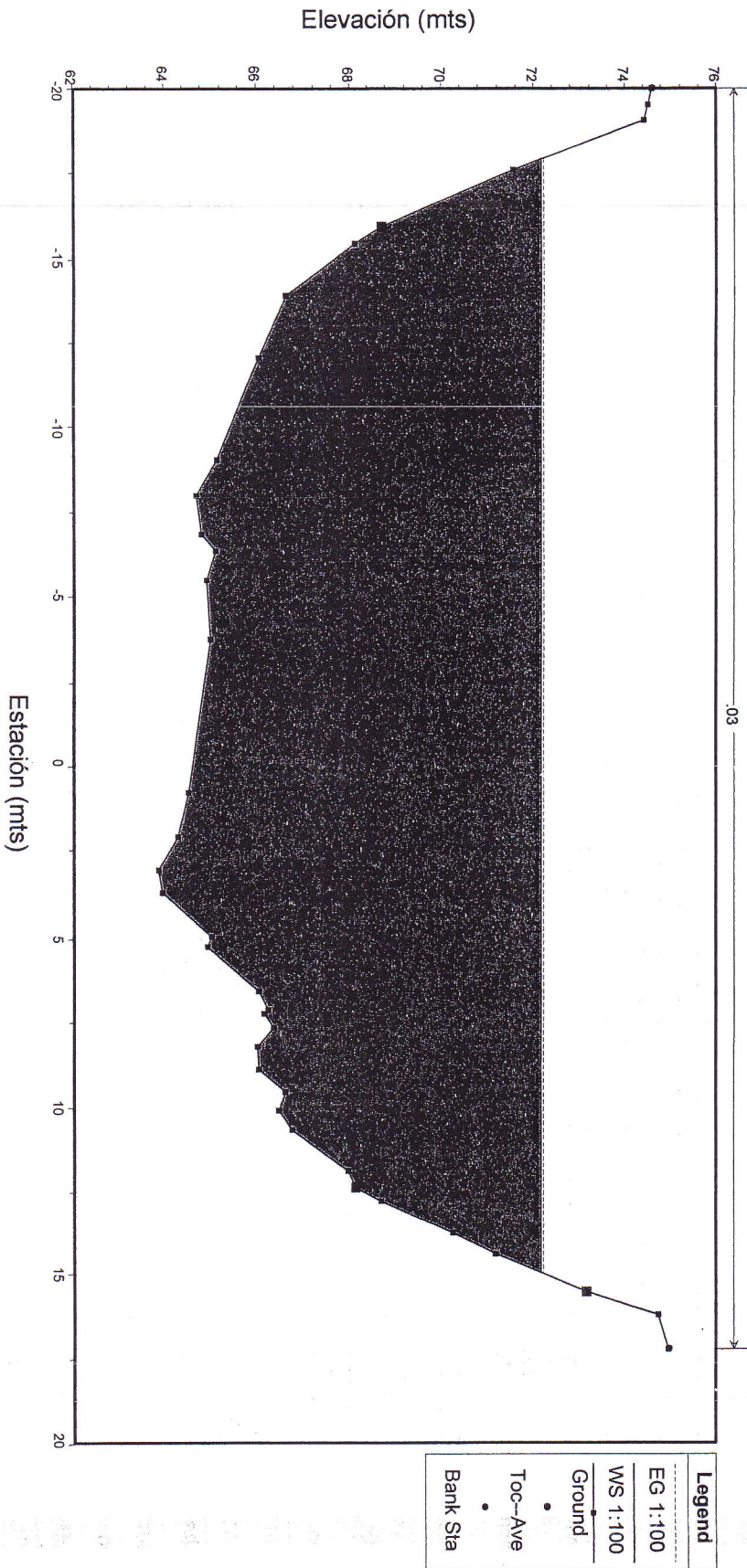
Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (1K+920) Simulación 1:100

Proyecto Aracile Río Tocumen Plan: Río Tocumen Aracile 1 1/17/2007 2:07:04 PM
 Flow: Flow 02
 RS = 1K+980 Proyecto Aracile-Río Tocumen

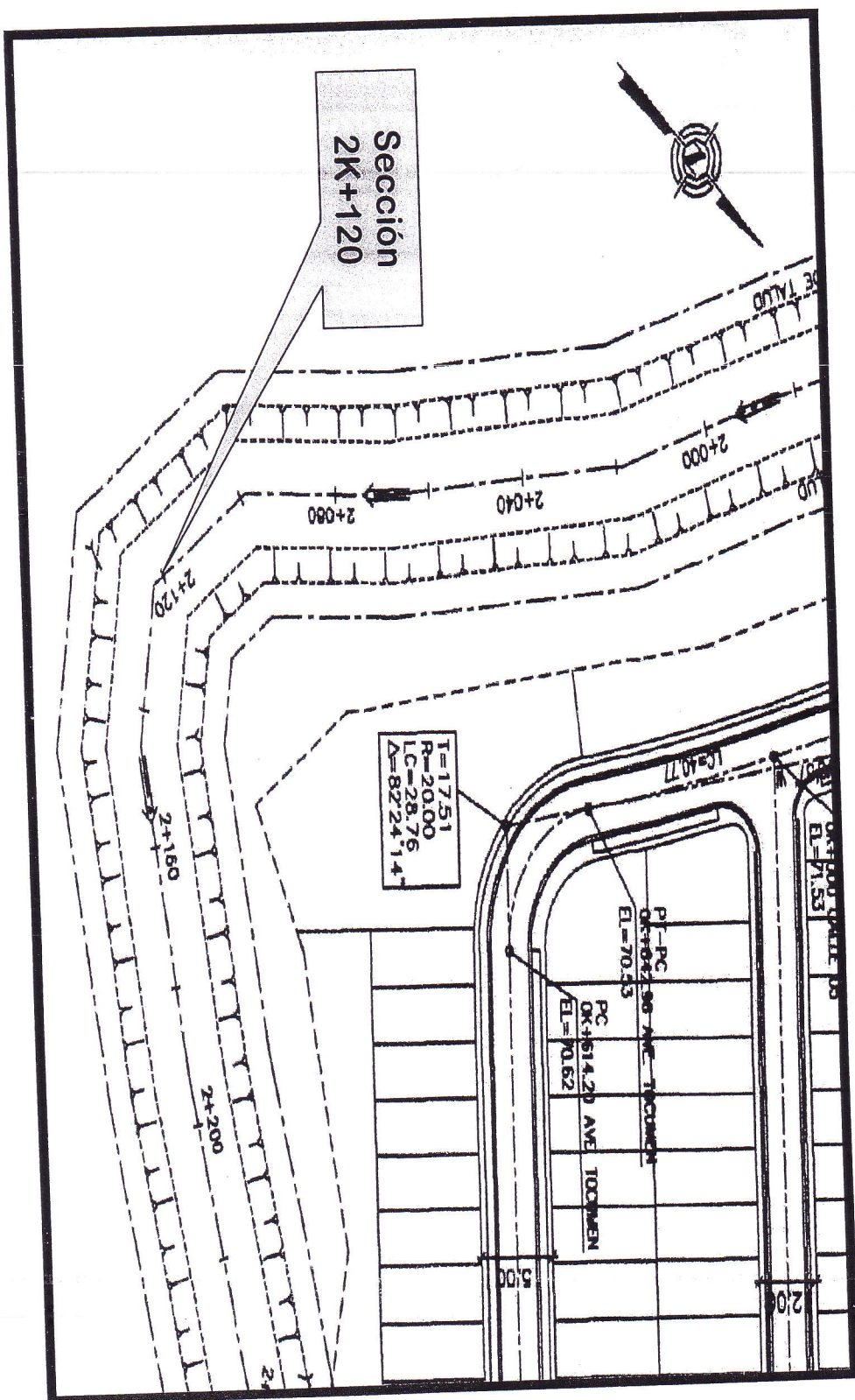


Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (1K+920) Simulación 1:100 Crecida Máxima

Proyecto Arrecife Río Tocumen Plan: Río Tocumen Arrecife 1 11/17/2007 2:07:01 PM
 Flow: Flow 02
 RS = 1K+920 Proyecto Arrecife-Río Tocumen

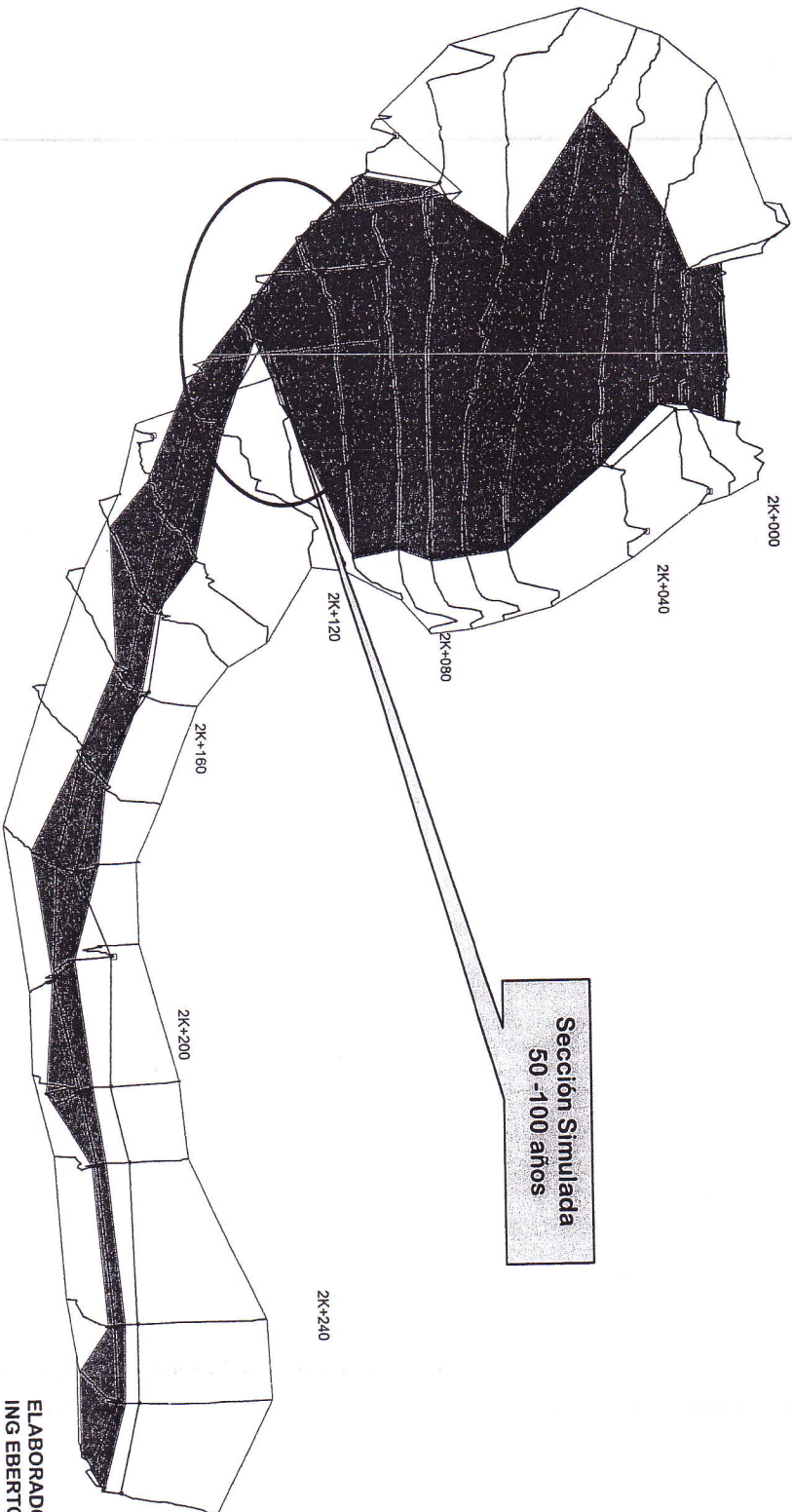


SECCION 2K+120



2K+120

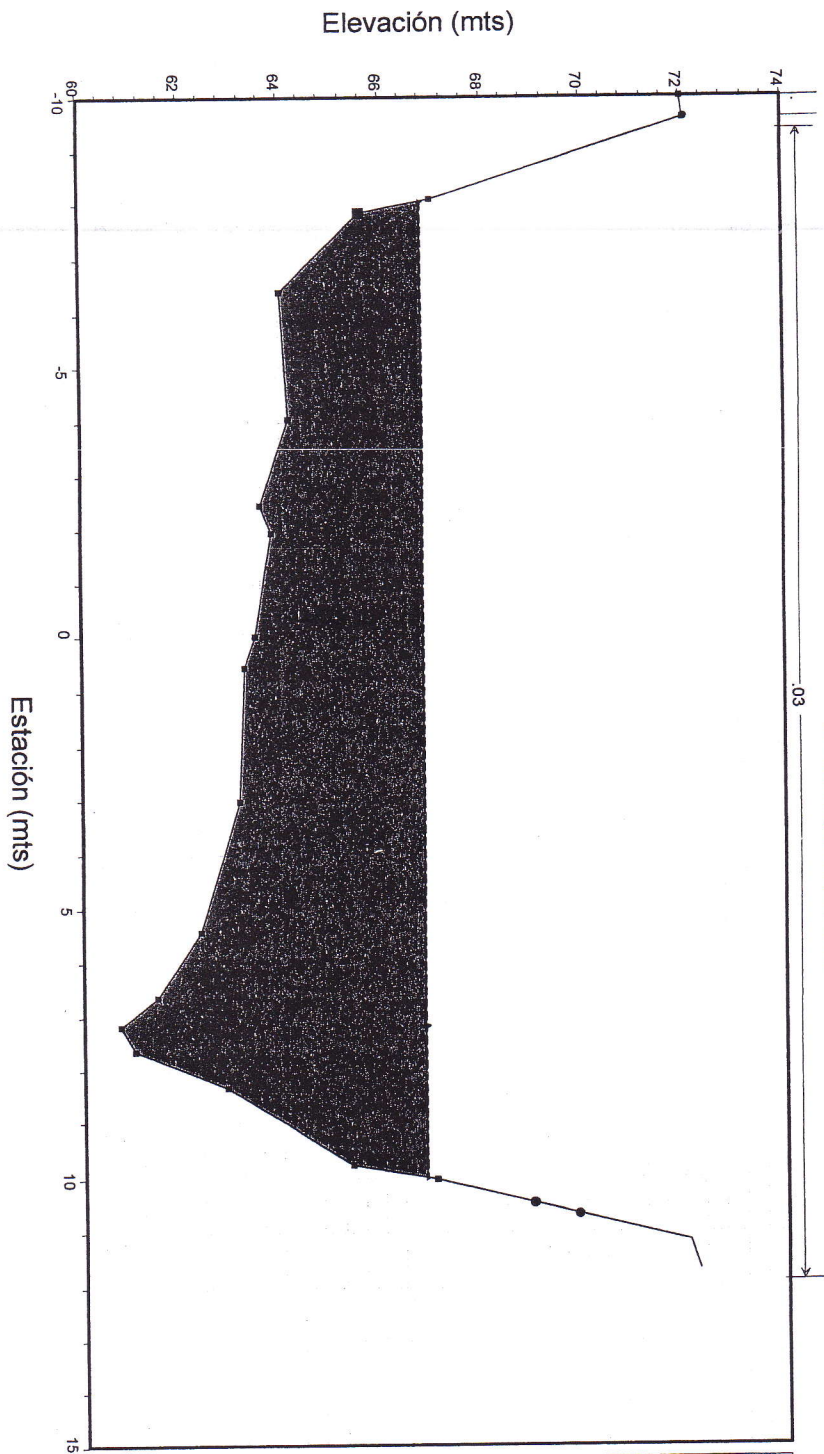
Banar Co. - with Caliente Pinar Rio Tocumen Area 1 11/17/2007 2:07:01 PM
 River: Proyecto Anecho-Rio Tocumen



ELABORADO POR:
 ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
 CONSULTOR AMBIENTAL
 IRC-015-2007
 landstarpanama@cableonda.net

Rio Tocumen (2K+120) Simulación 1:50

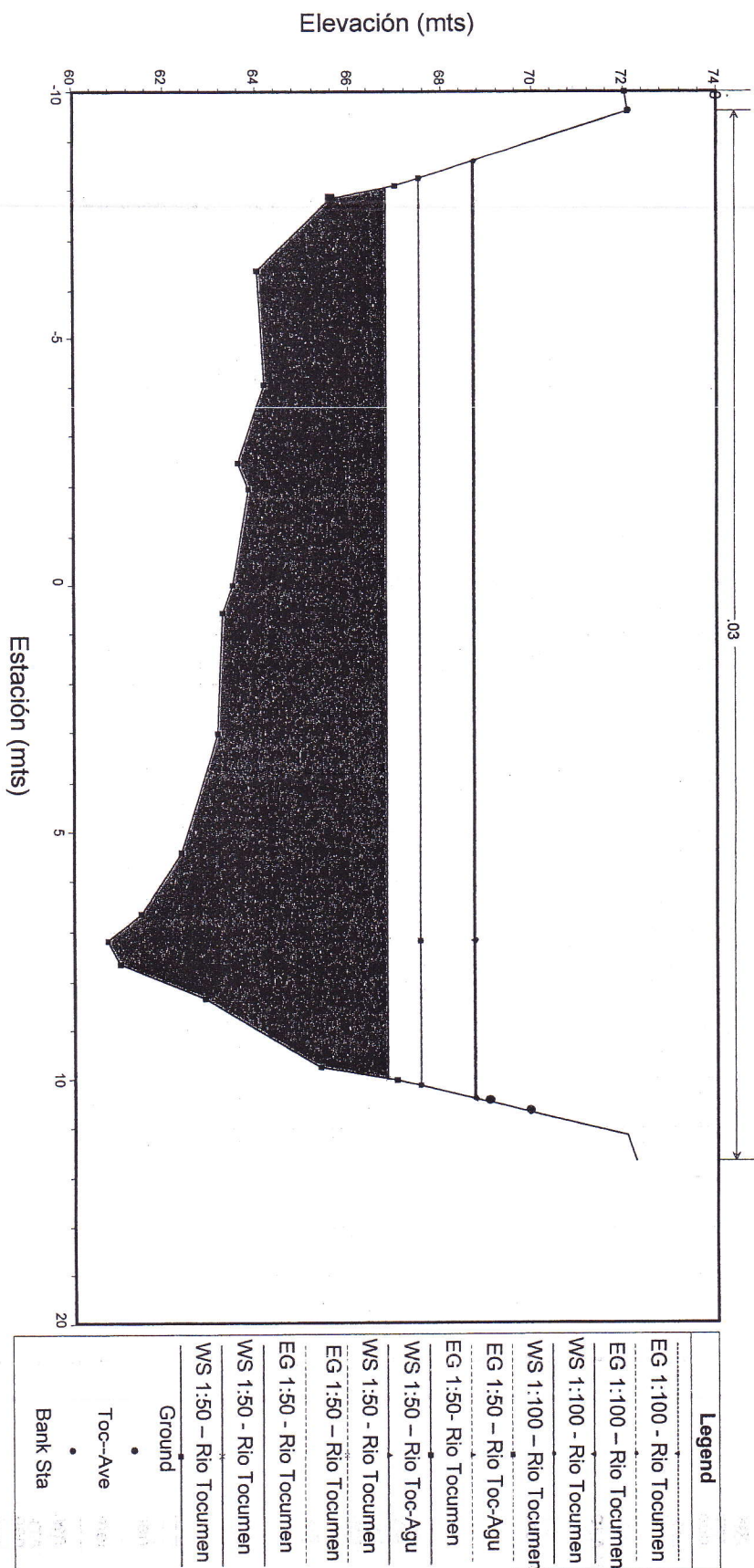
Proyecto Arredio Rio Tocumen Plan: 1) Rio Tocumen 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02
RS = 2K+120 Proyecto Arredio-Rio Tocumen



Legend
EG 1:50 - Rio Tocumen
EG 1:50 - Rio Tocumen
WS 1:50 - Rio Tocumen
WS 1:50 - Rio Tocumen
Ground
Bank Sta

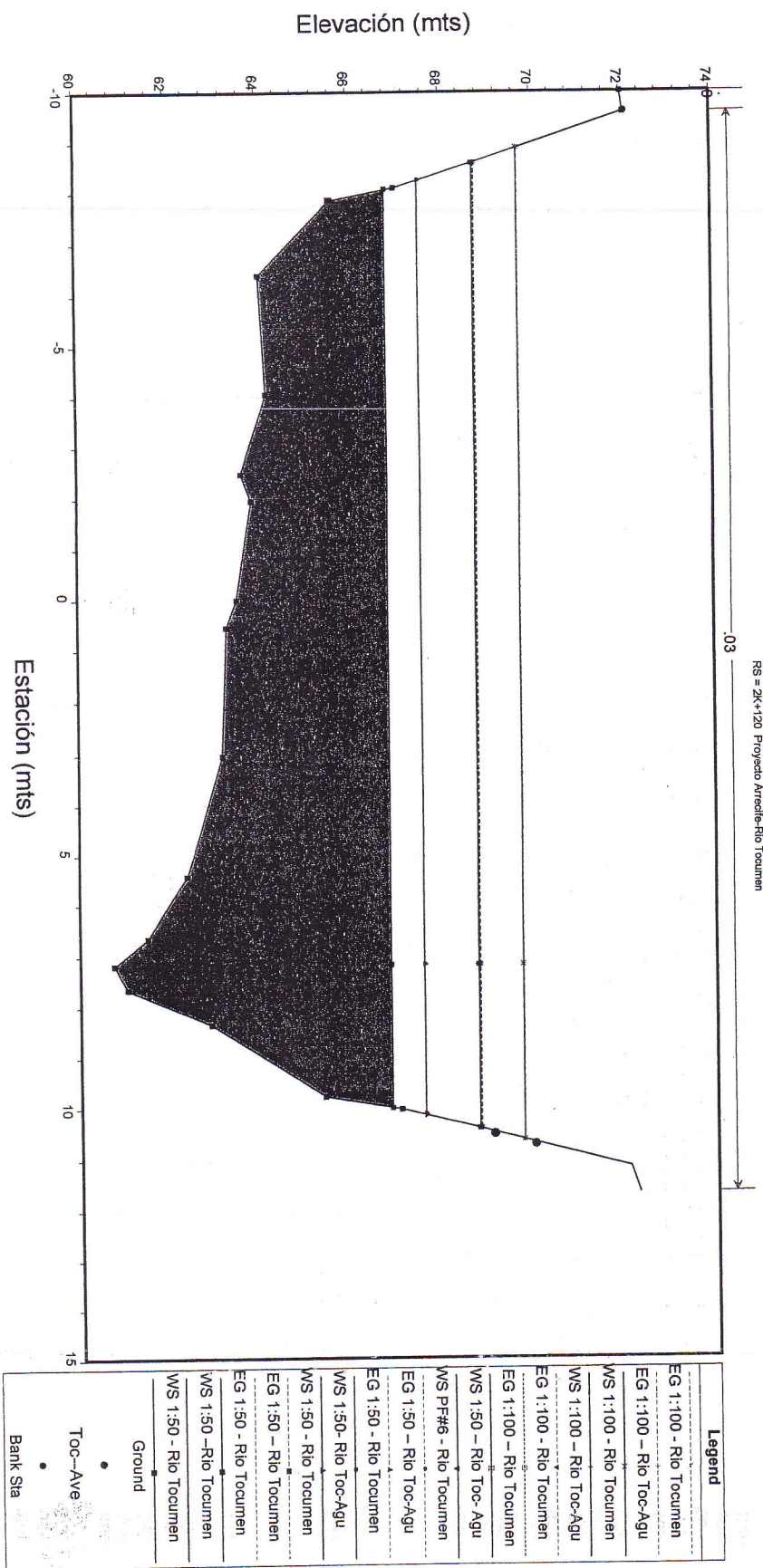
Rio Tocumen (2K+120) Simulación 1:100

Proyecto Arredio Rio Tocumen Plan: 1) Rio Tocumen 11/17/2007 2:07:01 PM
RS = 2K+120 Proyecto Arredio-Rio Tocumen Flow: Flow 02

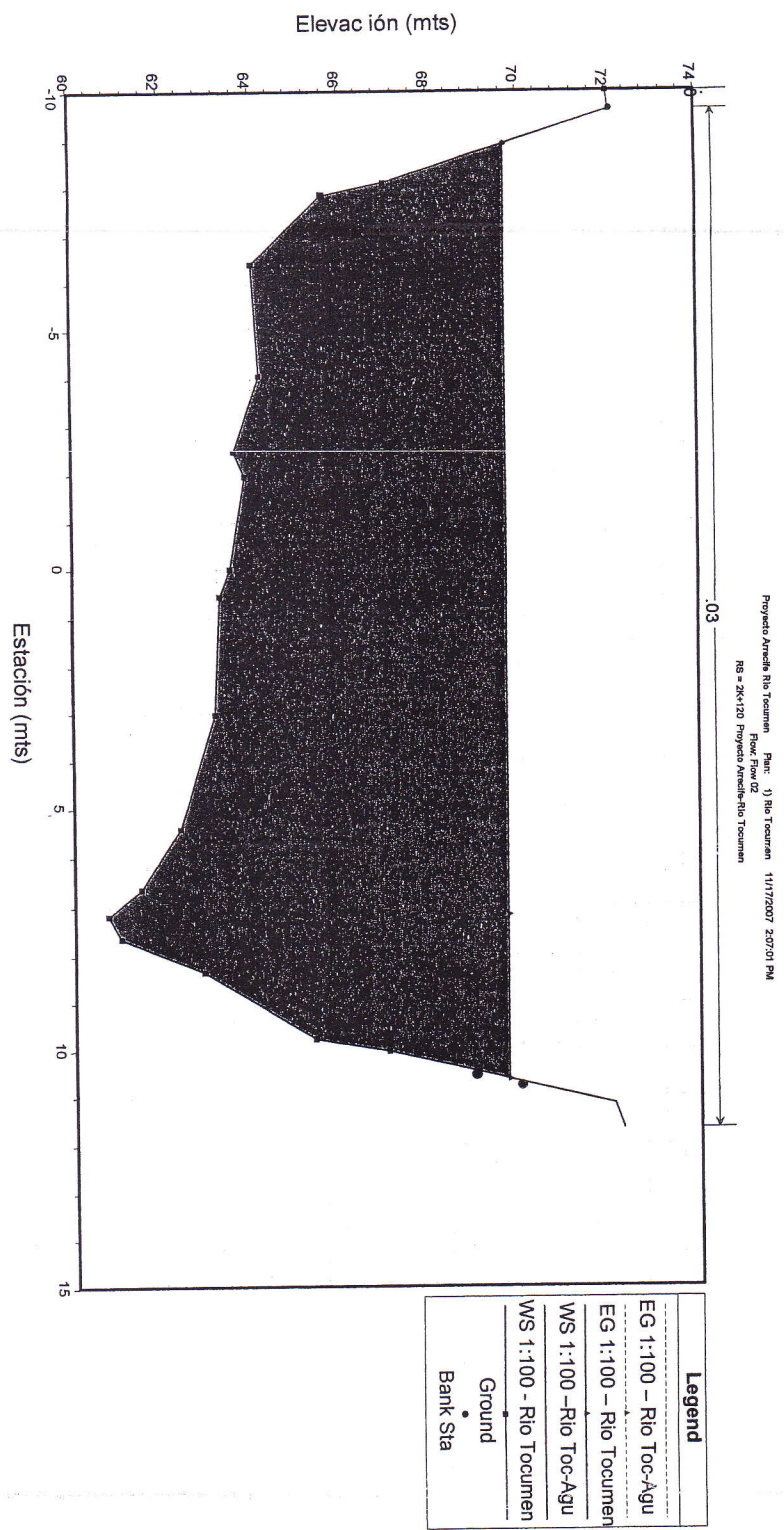


Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (2K+120) Simulación 1:50, 1:100

Proyecto Arrecife Río Tocumen Plan: 1) Río Tocumen 11/17/2007 2:07:01 PM
Flow: Flow 02
RS = 2K+120 Proyecto Arrecife Río Tocumen

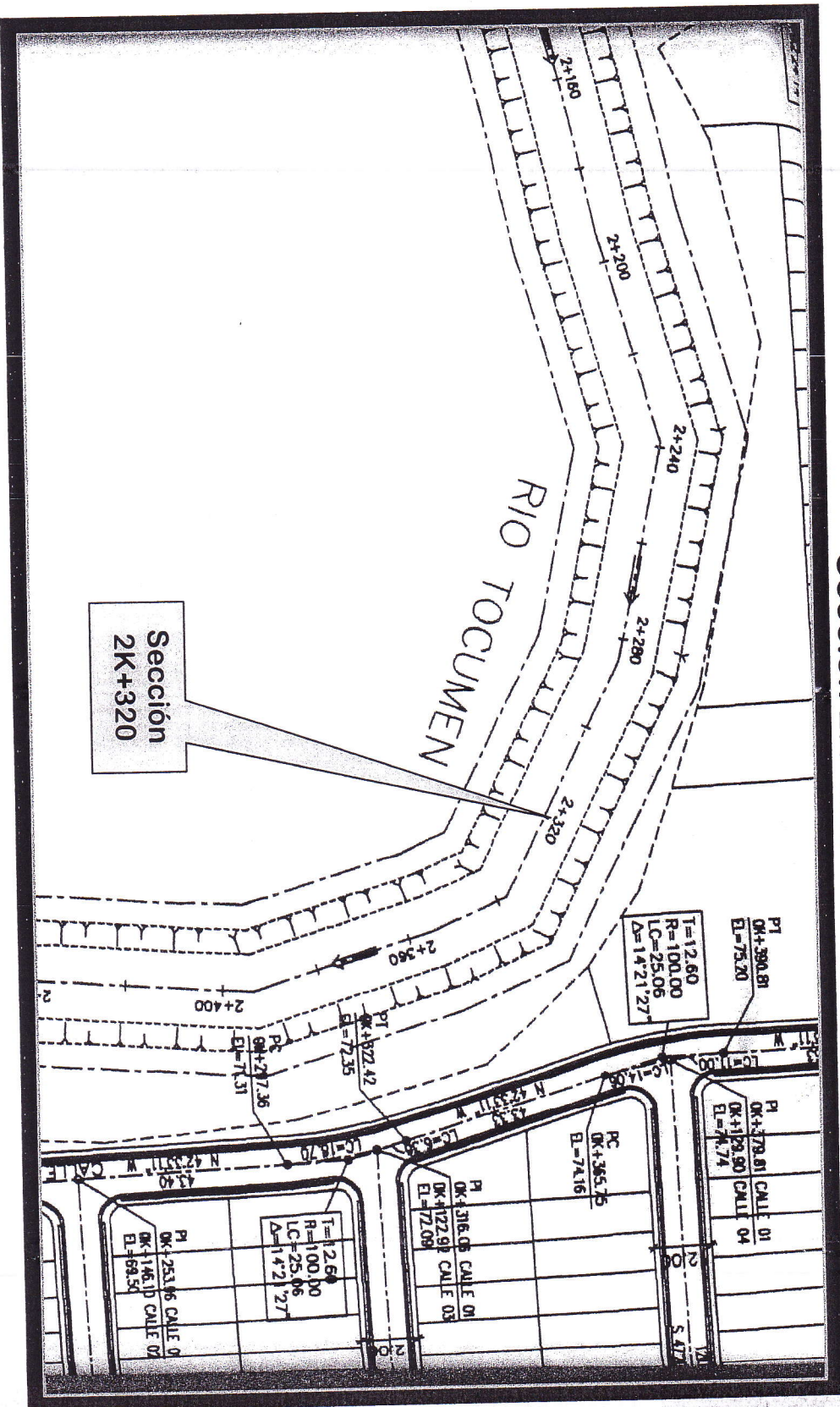


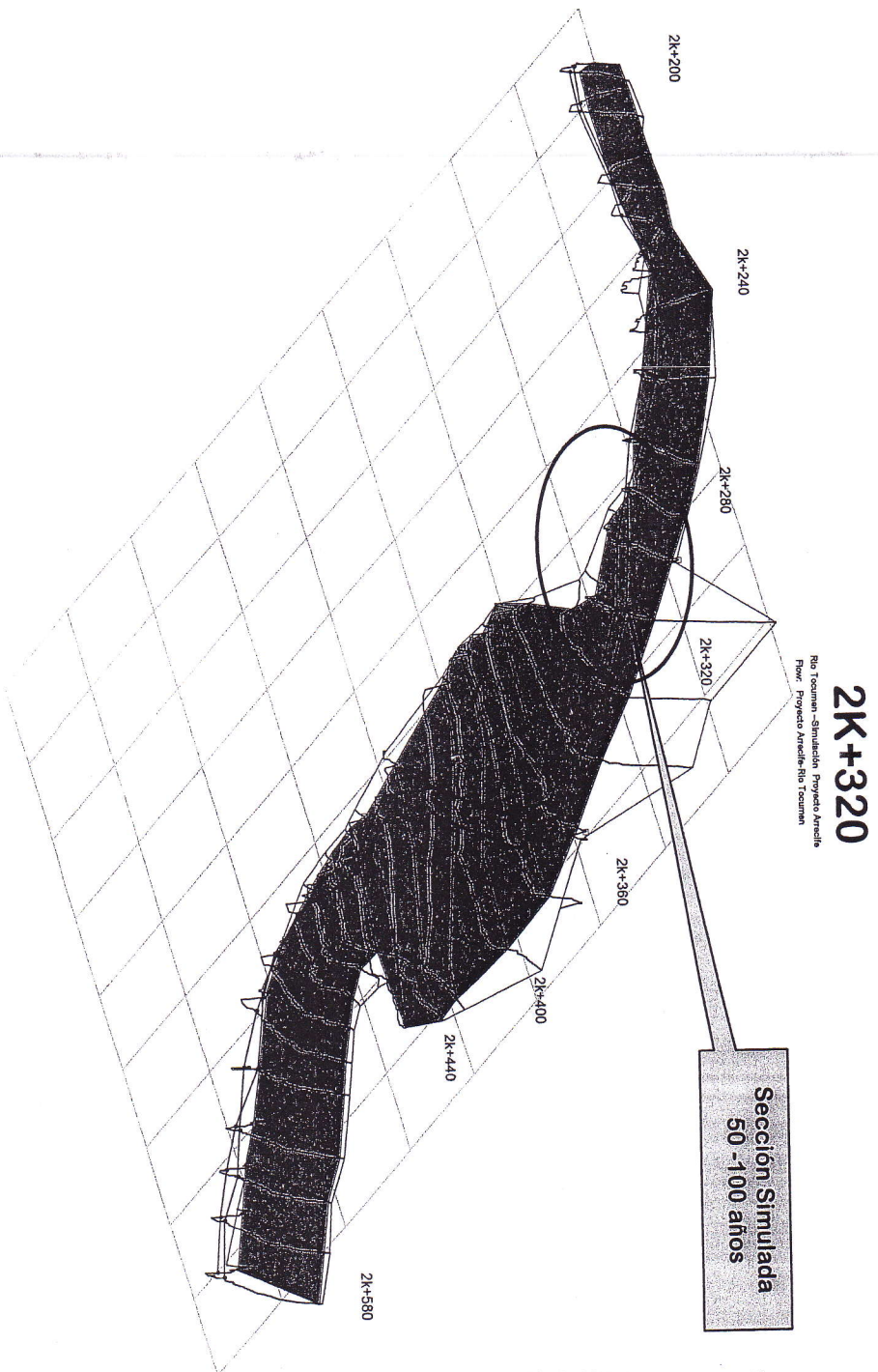
Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (2K+120) Simulación 1:100 Crecida Máxima



ELABORADO POR:
 ING EBERTO E. ANGUIZOLA M. MSc.
 CONSULTOR AMBIENTAL
 IRC-015-2007
 landstarpanama@cableonda.net

Sección 2K+320

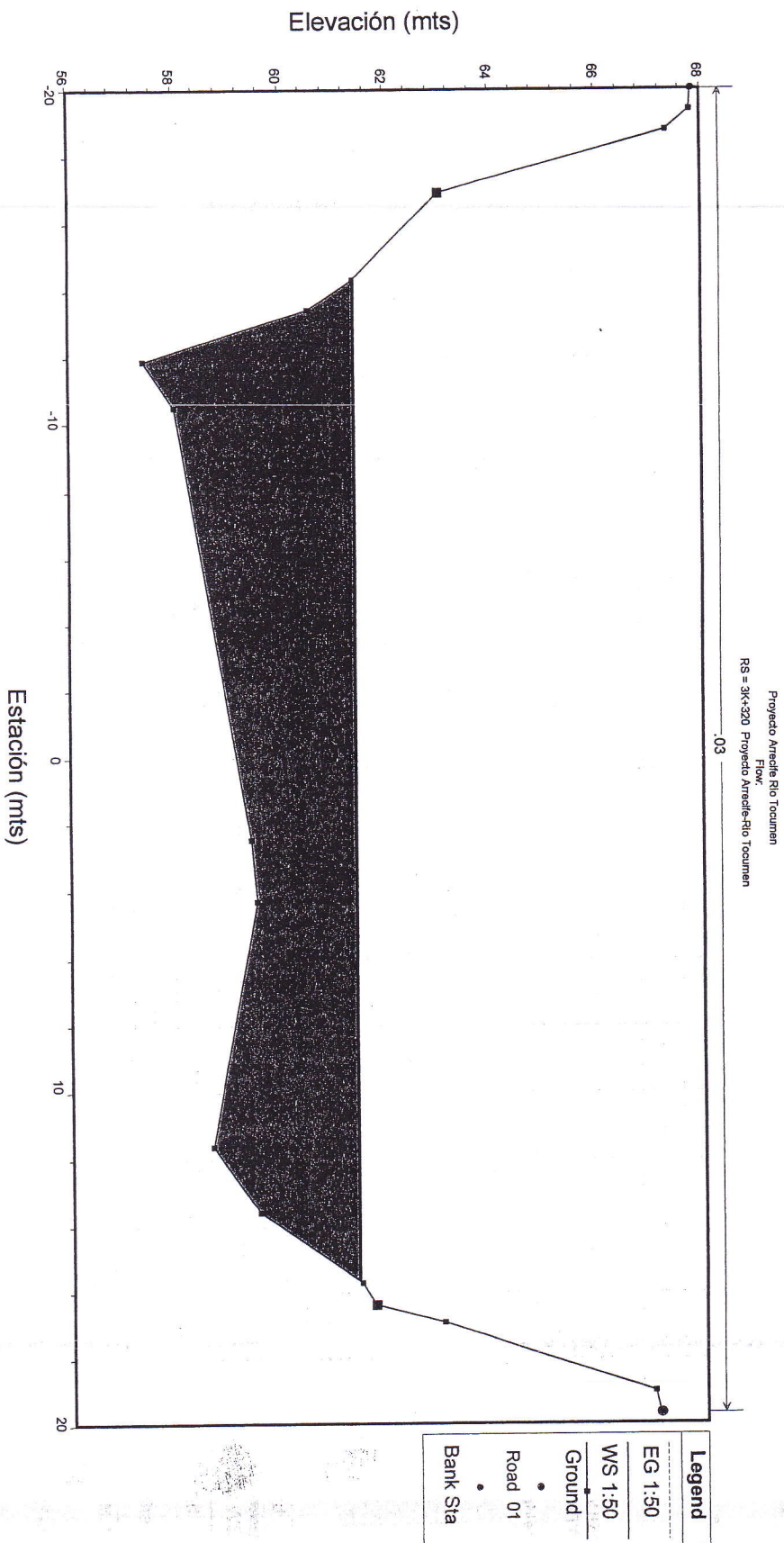




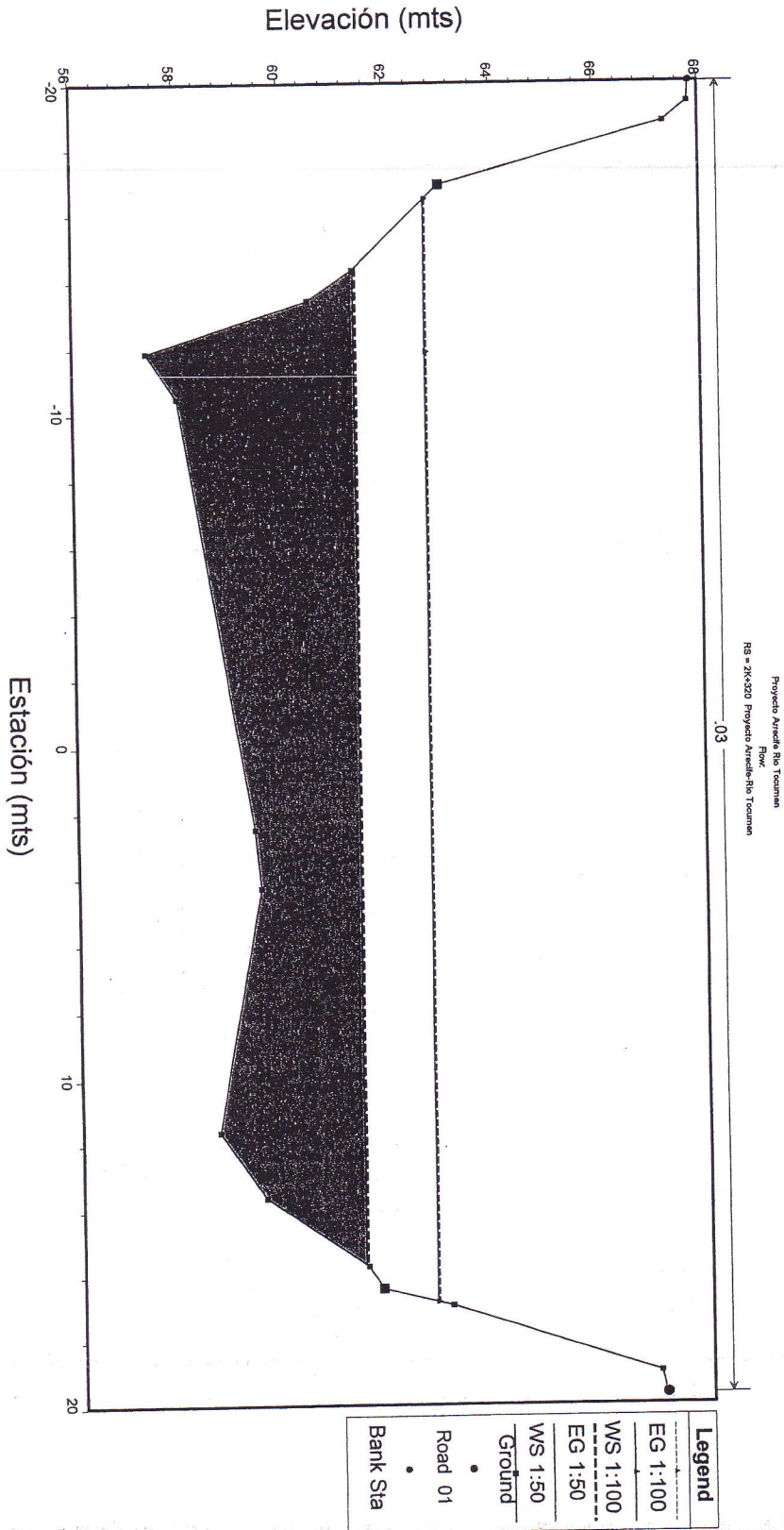
Legend	
	WS Max WS
	Ground
	Bank Sta

ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M. MSc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

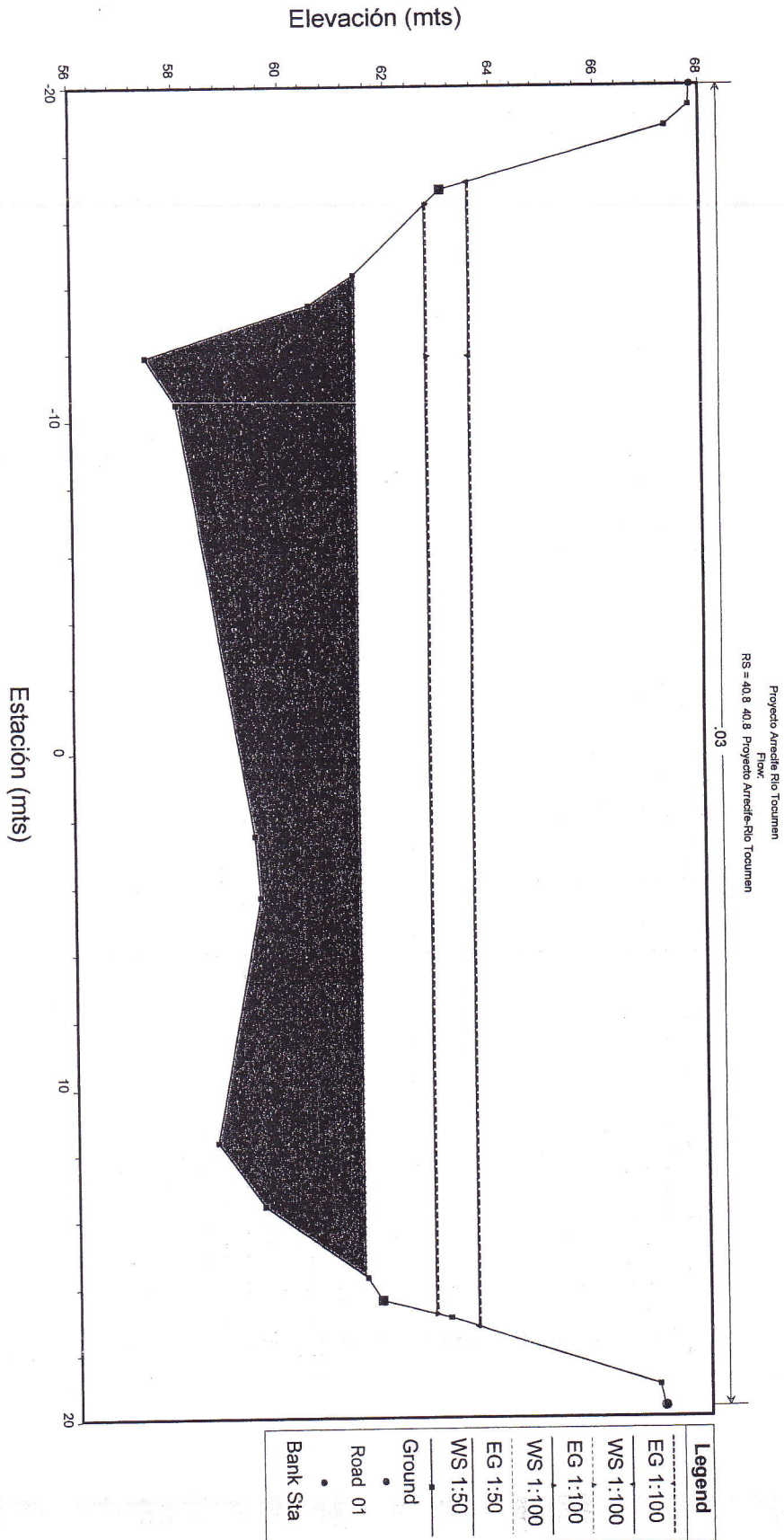
Rio Tocumen (2K+320) Simulación 1:50



Río Tocumen Estación (2K+320) Simulación 1:100

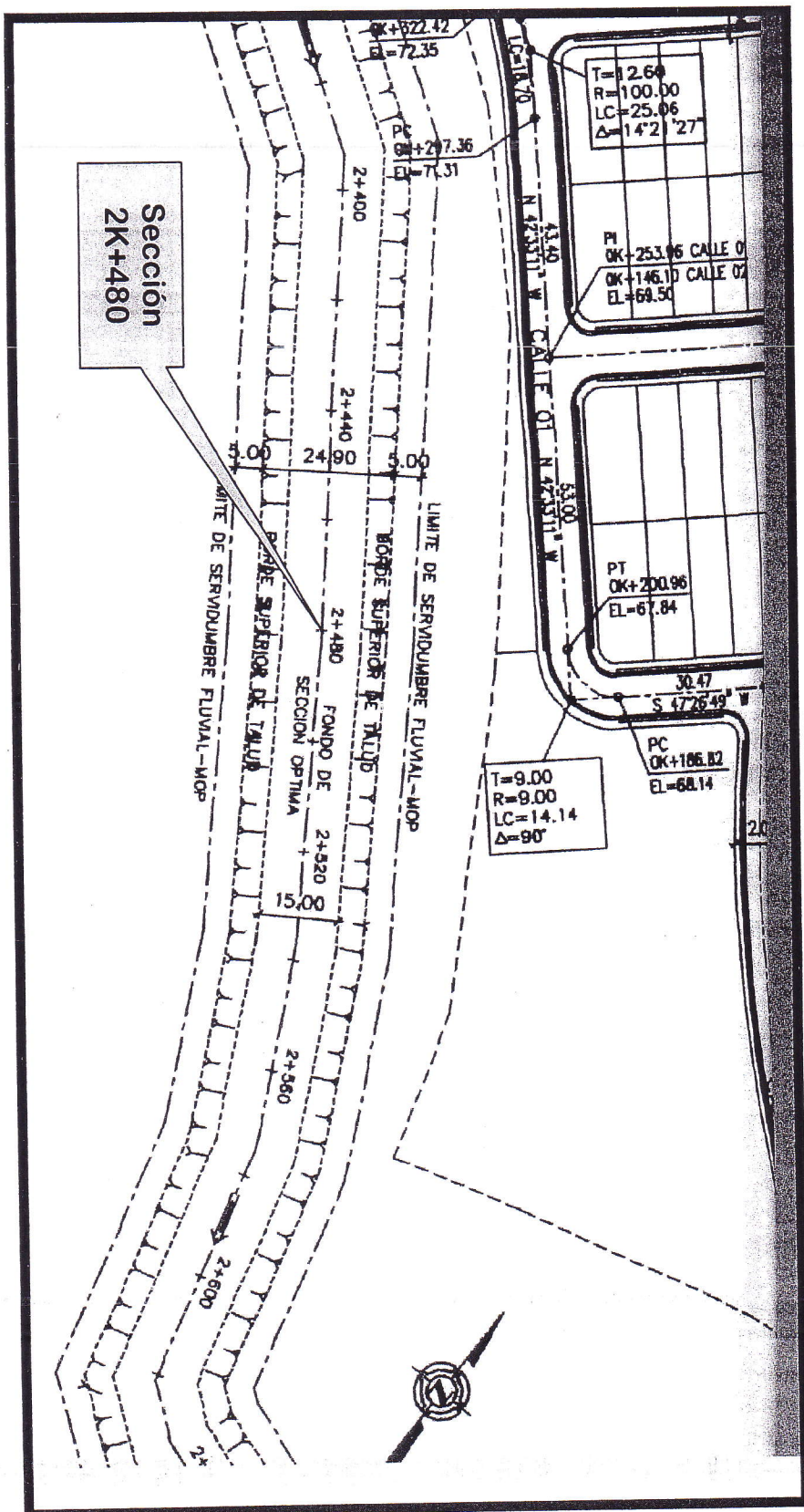


Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) Estación (2K+320) Simulación 1:50, 1:100



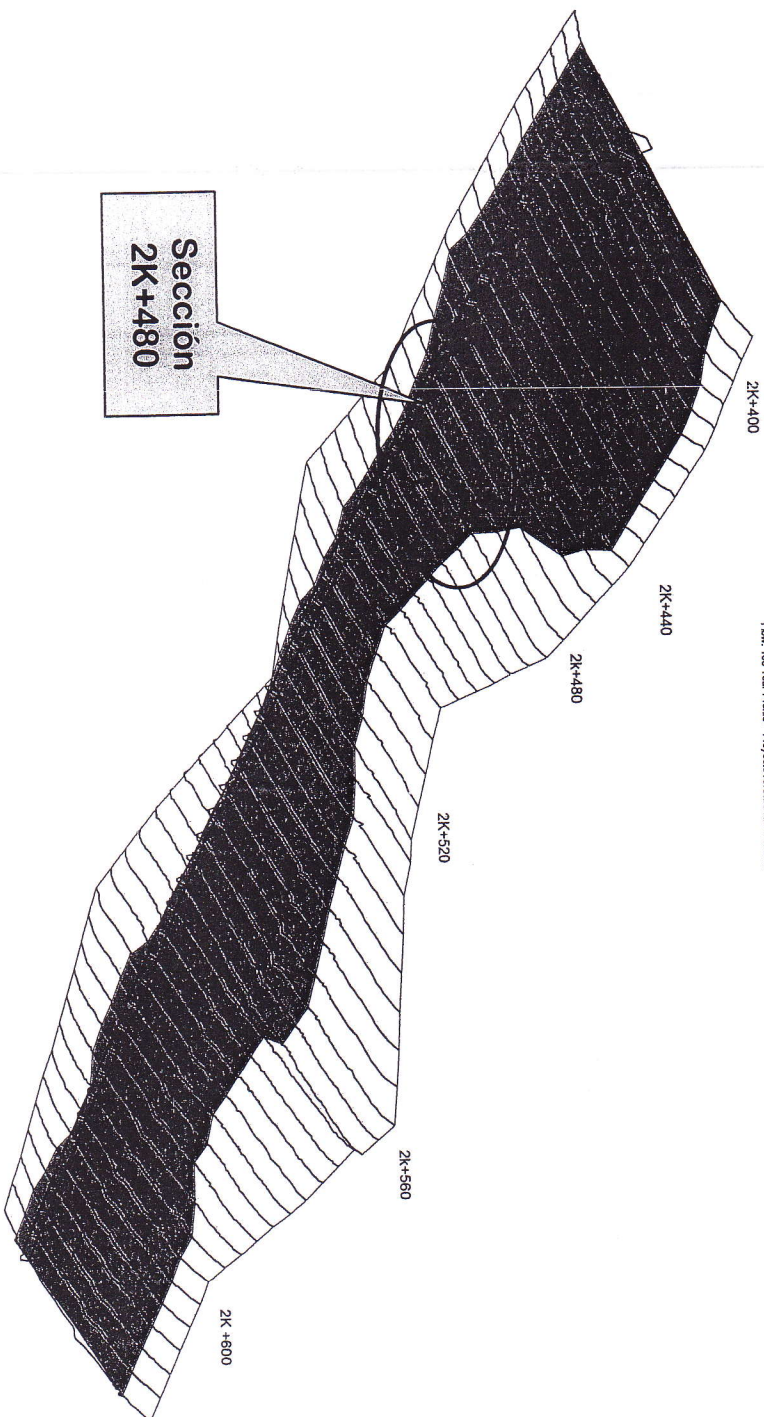
ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M. MSc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Sección 2K+480



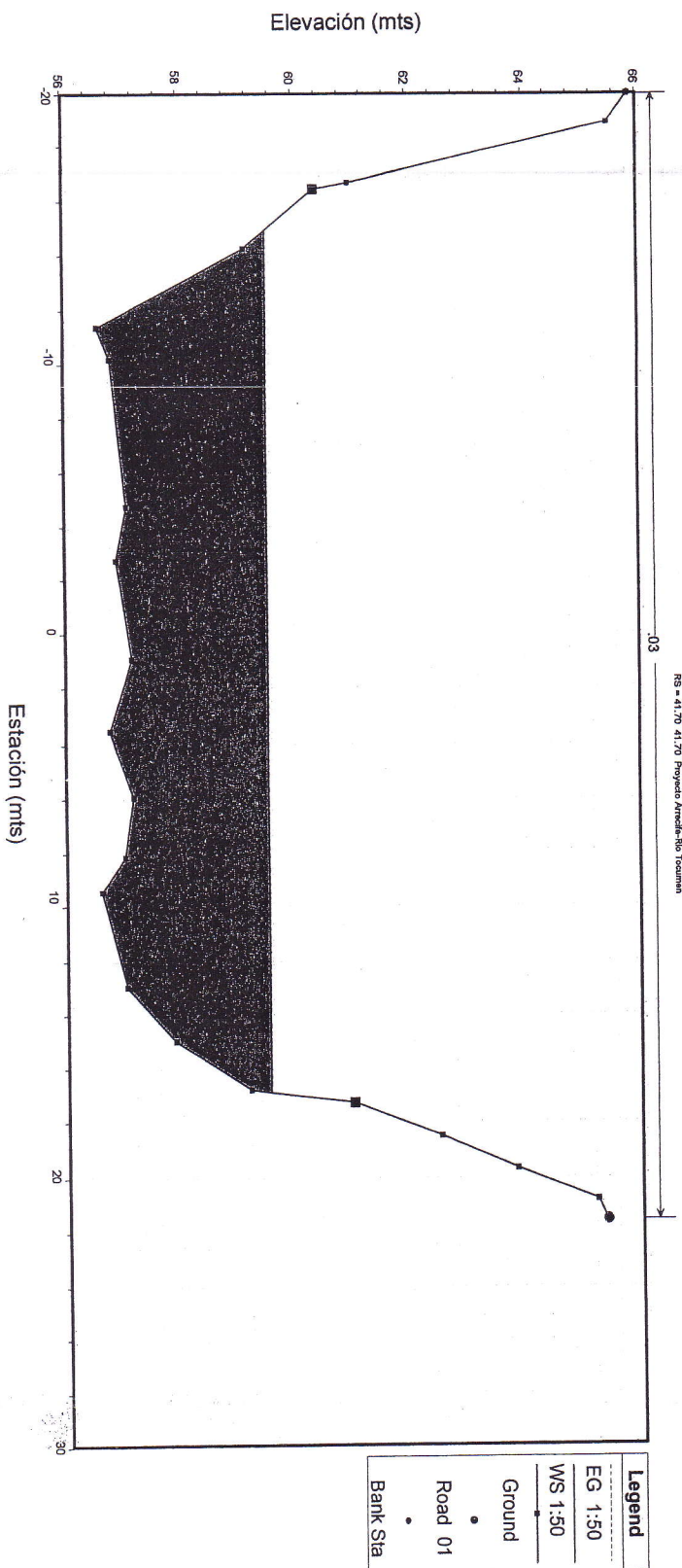
Sección 2K+480

Rio Toomuen - Proyecto Arceña
Fase: 100 Year Profile - Proyecto Arceña-Rio Toomuen



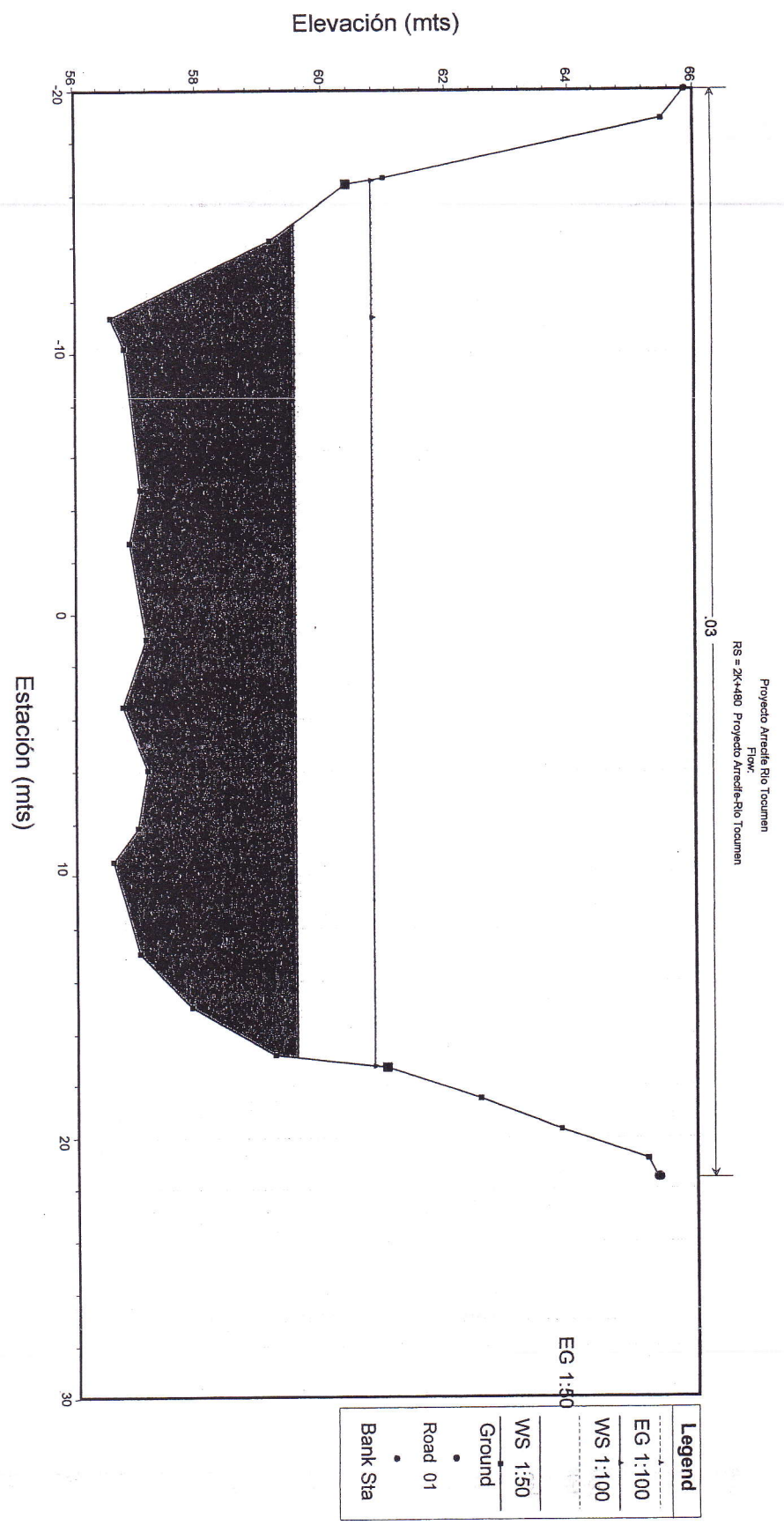
Legend	
	WS 100 yr
	Ground
	Bank Sta
	Ground

Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) (2K+480) Simulación 1:50



ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M.Sc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Río Tocumen (Principal) + Río Aguacate (Tributario Parte Baja) (2K+480) Simulación 1:100

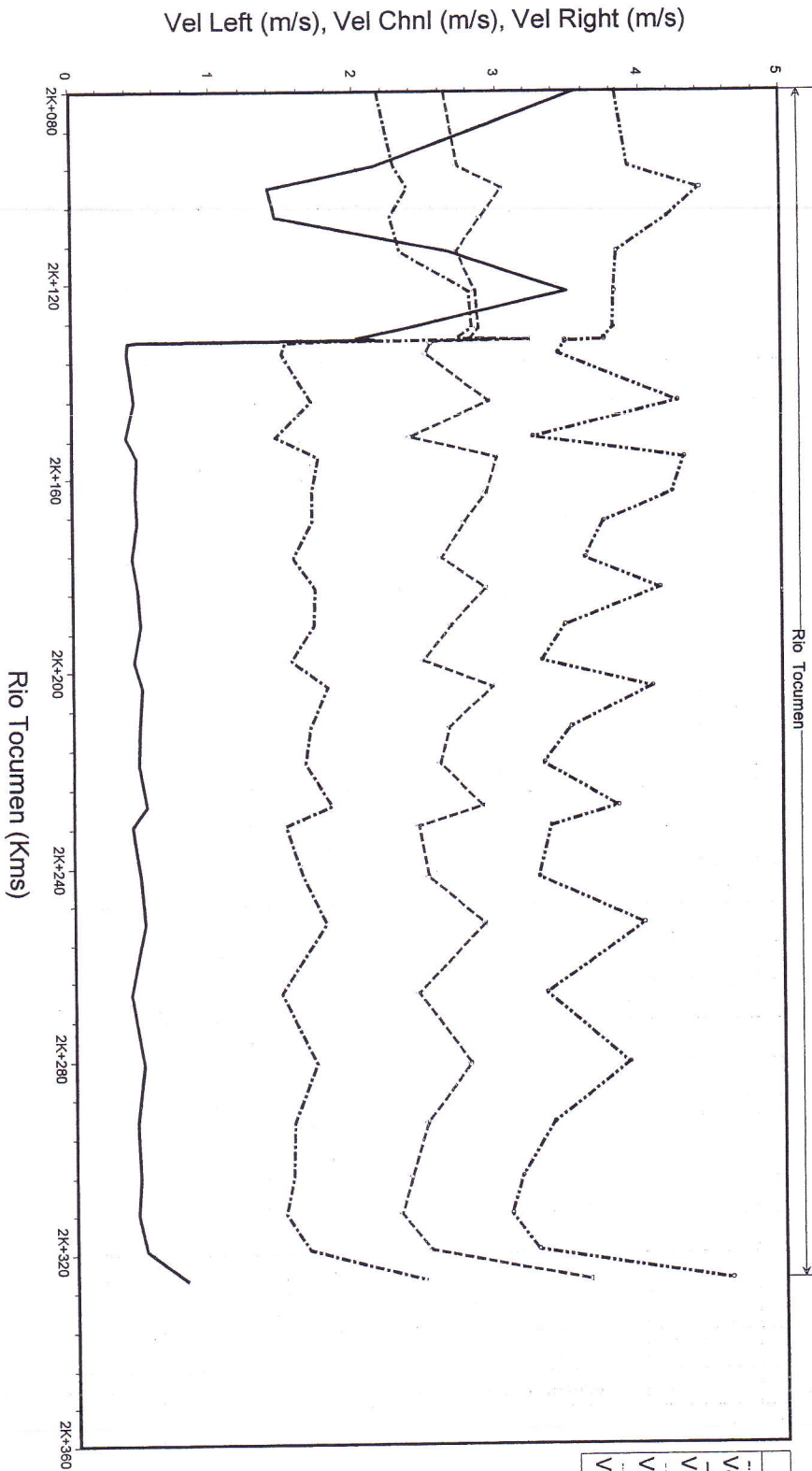


ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Velocidad del Rio Tocumen tomando en Cuenta el Rio Aguacate con el mismo Periodo de Retorno (1:50 – 1:100)

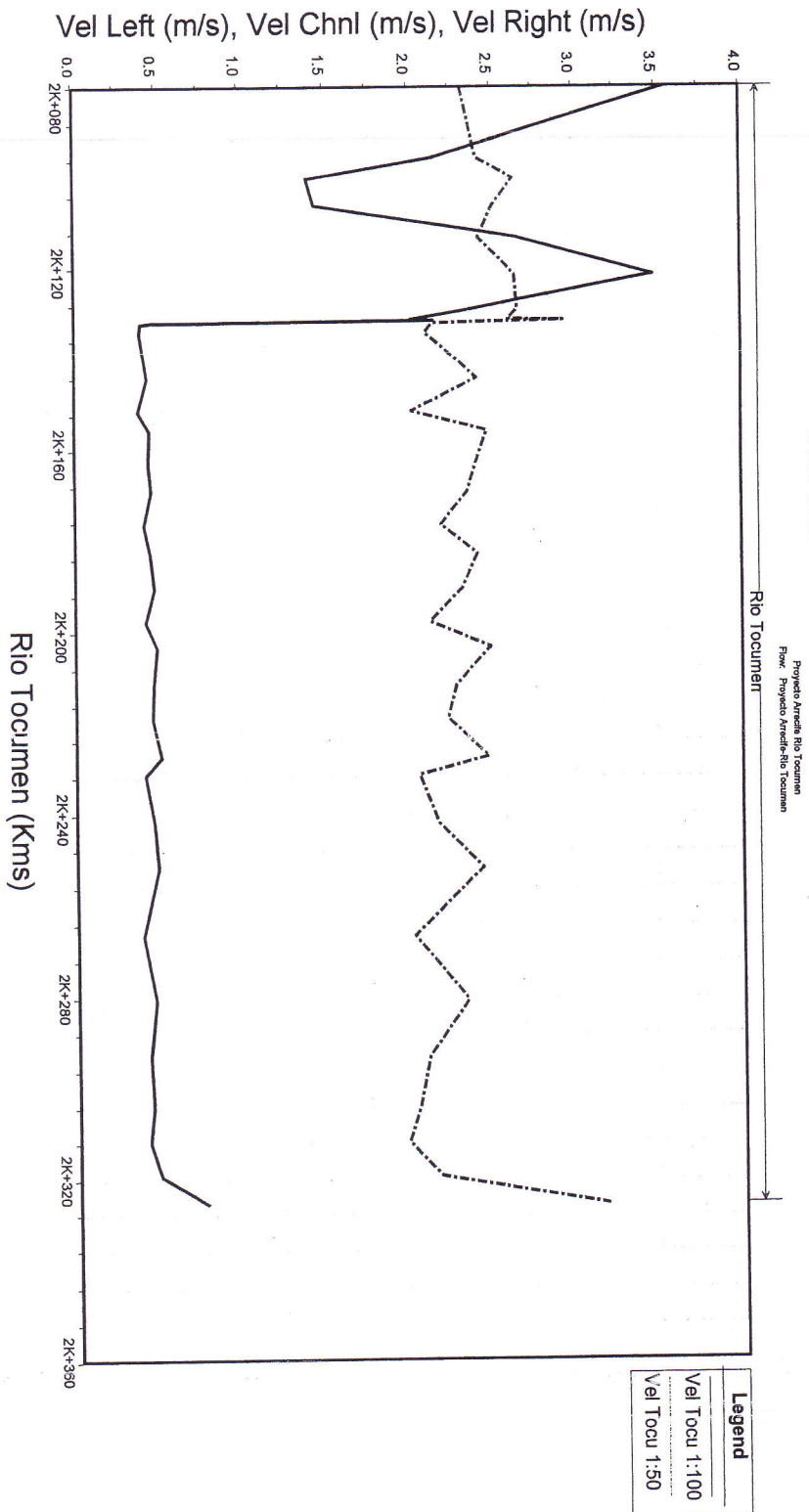
Proyecto Arrecife Rio Tocumen
Flow: Proyecto Arrecife-Rio Tocumen

Rio Tocumen



Legend	
Vel Tocu 1:50	
Vel T-A 1:100	
Vel T-A 1:50	
Vel Tocu 1:100	

Velocidad del Rio Tocumen tomando en Cuenta el Rio Aguacate con el mismo Periodo de Retorno (1:50 – 1:100)



ELABORADO POR:
ING EBERTO E. ANGUIZOLA M Msc.
CONSULTOR AMBIENTAL
IRC-015-2007
landstarpanama@cableonda.net

Recomendaciones en las secciones mostradas en este Estudio

Cálculo de los niveles de terracería en las secciones críticas mostradas en este estudio:

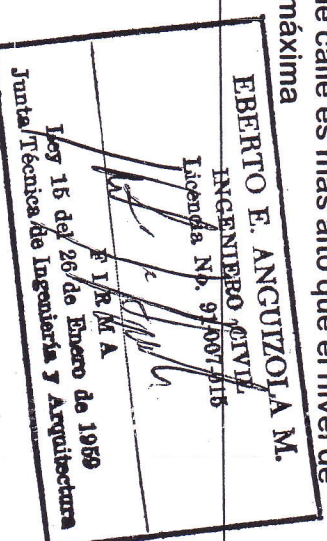
El nivel de terracería adyacente al río Tocumen, deberá ser de (2.00 a 2.50m) sobre el nivel de aguas máximas calculado para un periodo de retorno de 1:50 y 1:100 años.

Y El nivel de terracería adyacente al río Aguacate deberá ser (3.10 a 4.00) sobre el nivel de las aguas máximas calculado para un periodo de retorno de 1:50 y 1:100 años.

Para referencia calcularemos algunos valores de niveles de terracería mínimos próximos a la canal principal:

Rio Tocumen	
Estación 1K +600	87 (mmmm) Nivel de Calle
NAME = E.FDO. + Yn	
NAME = 74.00 + 2.75 = 76.75 m	
Nivel de terracería = NAME + 4.25	
N.T = 76.75 + 4.25 = 81.00 (ver plano)	
El nivel de calle es más alto que el nivel de crecida máxima	

Rio Tocumen	
Estación 1K +920	74.33 (mmmm) Nivel de Calle
NAME = E.FDO. + Yn	
NAME = 68.50 + 2.75 = 71.25 m	
Nivel de terracería = NAME + 1.50	
N.T = 71.25 + 1.50 = 72.75 (ver plano)	
El nivel de calle es más alto que el nivel de crecida máxima	



Río Tocumen

Estación 2K +120 70.53 (mmmm) Nivel de Calle

NAME = E.FDO. + Yn

NAME = 66.00+ 2.75 = 68.75 m

Nivel de terracería = NAME + 1.50

N.T = 68.75 + 1.50 = 70.25 (ver plano)

Se recomienda la construcción de berma perimetral al río de 1.50 metros desde las estación (2K+120 a 1K+320)

Río Tocumen

Estación 2K +320 72.00 (mmmm) Nivel de Calle

NAME = E.FDO. + Yn

NAME = 63.00 + 2.75 = 65.75 m

Nivel de terracería = NAME + 1.50

N.T = 65.75 + 1.50 = 67.25 (ver plano)

El nivel de calle es más alto que el nivel de crecida máxima

Río Tocumen

Estación 2K +480 68.14 (mmmm) Nivel de Calle

NAME = E.FDO. + Yn

NAME = 60.00 + 2.75 = 62.75 m

Nivel de terracería = NAME + 1.50

N.T = 62.75 + 1.50 = 64.25 (ver plano)

El nivel de calle es más alto que el nivel de crecida máxima

Ing. Eberto E. Anguizola m. MSc
Consultor Ambiental

(Hidrología & Hidráulica)

EBERTO E. ANGUIZOLA M.

INGENIERO CIVIL

Licencia No. 01-007075

FIRMA

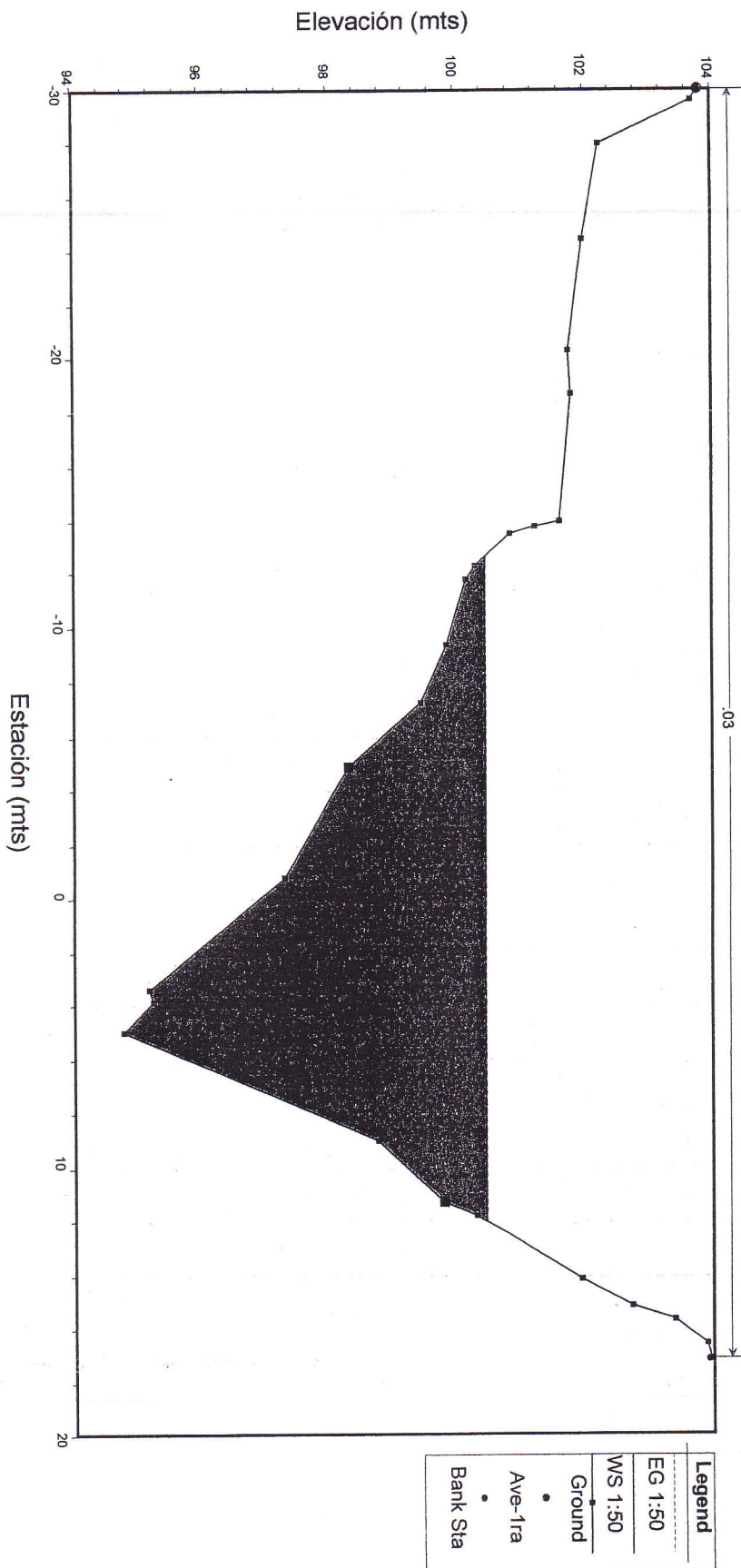
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Escala de Ingeniería y Arquitectura

RIO AGUACATE

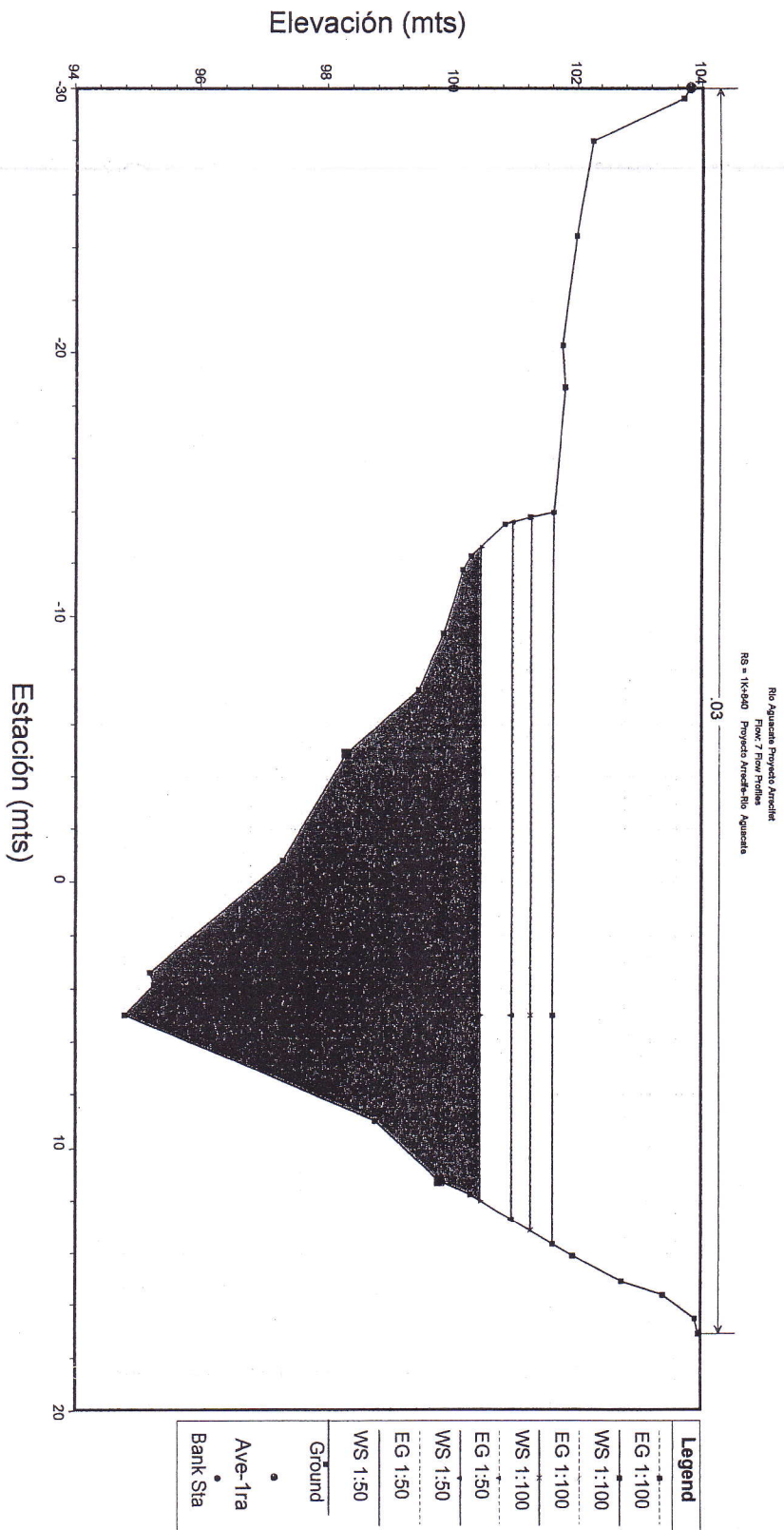
TRANSMISION
ELECTRICA

Río Aguacate (Principal) (1K+840) Simulación 1:50

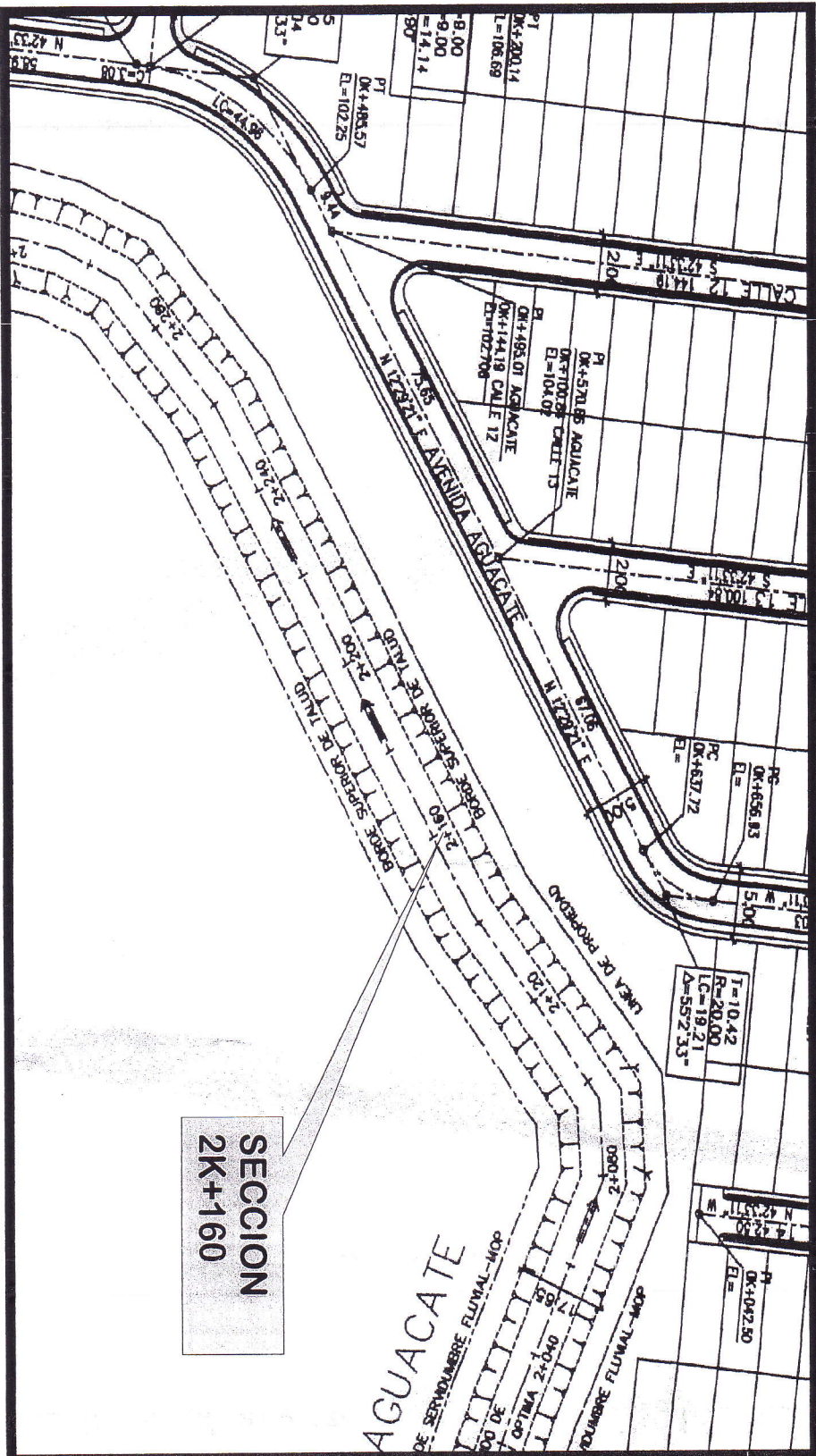
Río Aguacate -Proyecto Aredife
Flow: 1:50 Flow Profiles
RS = 1K+840 Proyecto Aredife-Río Aguacate



Río Aguacate (Principal)-Escenarios Críticos (1K+840) Simulación 1:50, 1:100



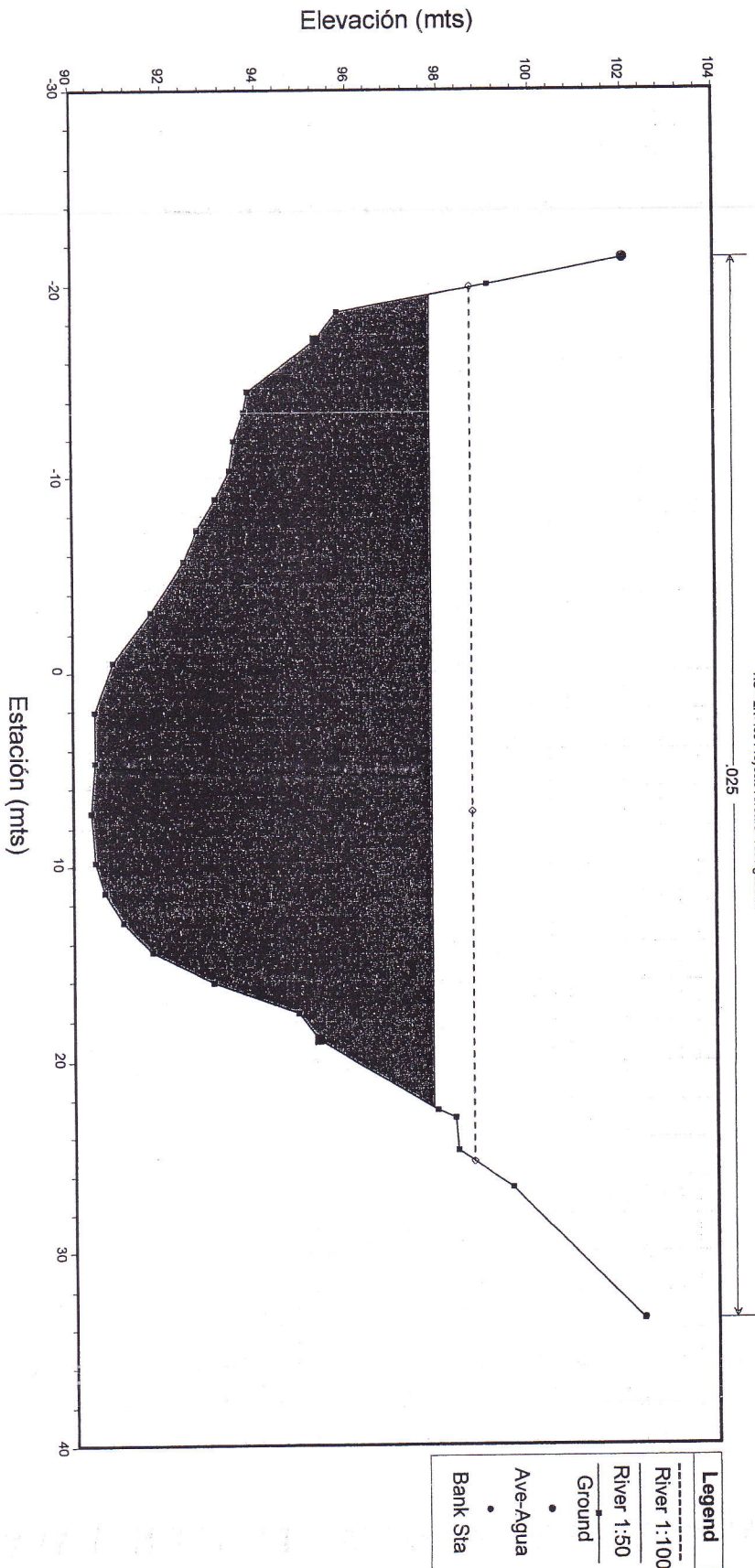
SECCION 2K+160



SECCION
2K+160

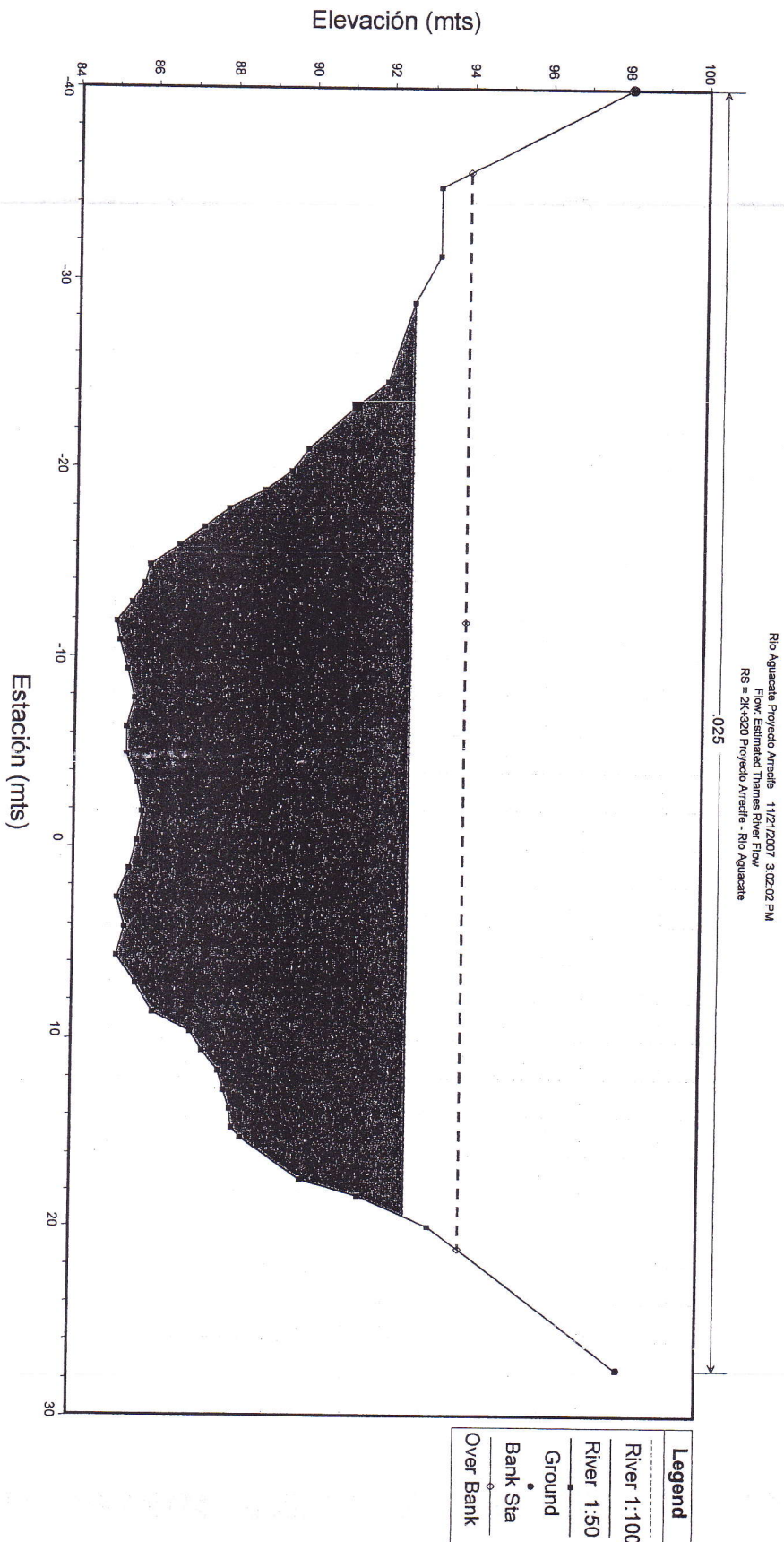
Río Aguacate (Principal) (2K+160) Simulación 1:50, 1:100

Rio Aguacate Proyecto Arcefile - 11/21/2007 3:02:02 PM
Flow: Estimated Thames River Flow
RS = 2K+160 Proyecto Arcefile - Río Aguacate

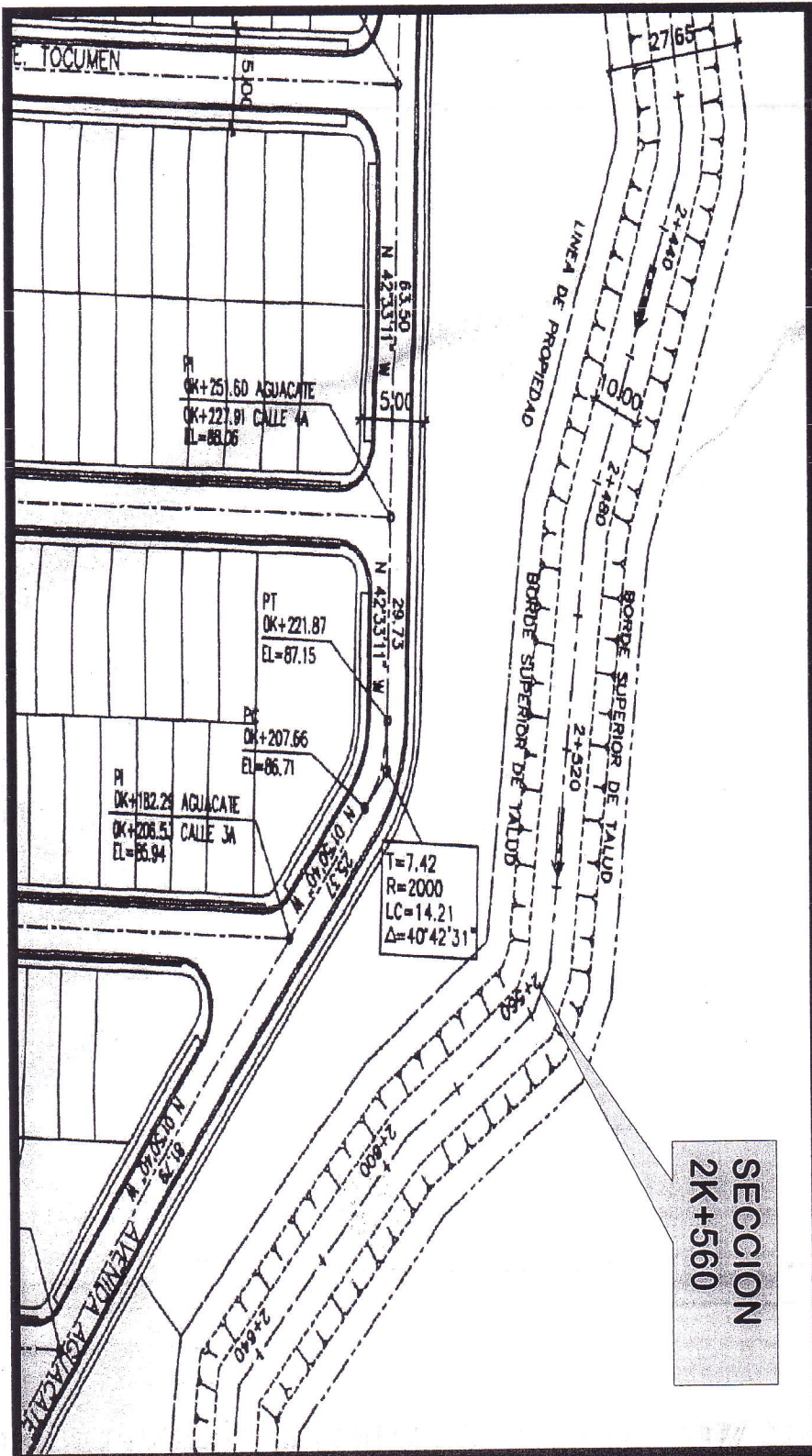


**SECTION
2K+320**

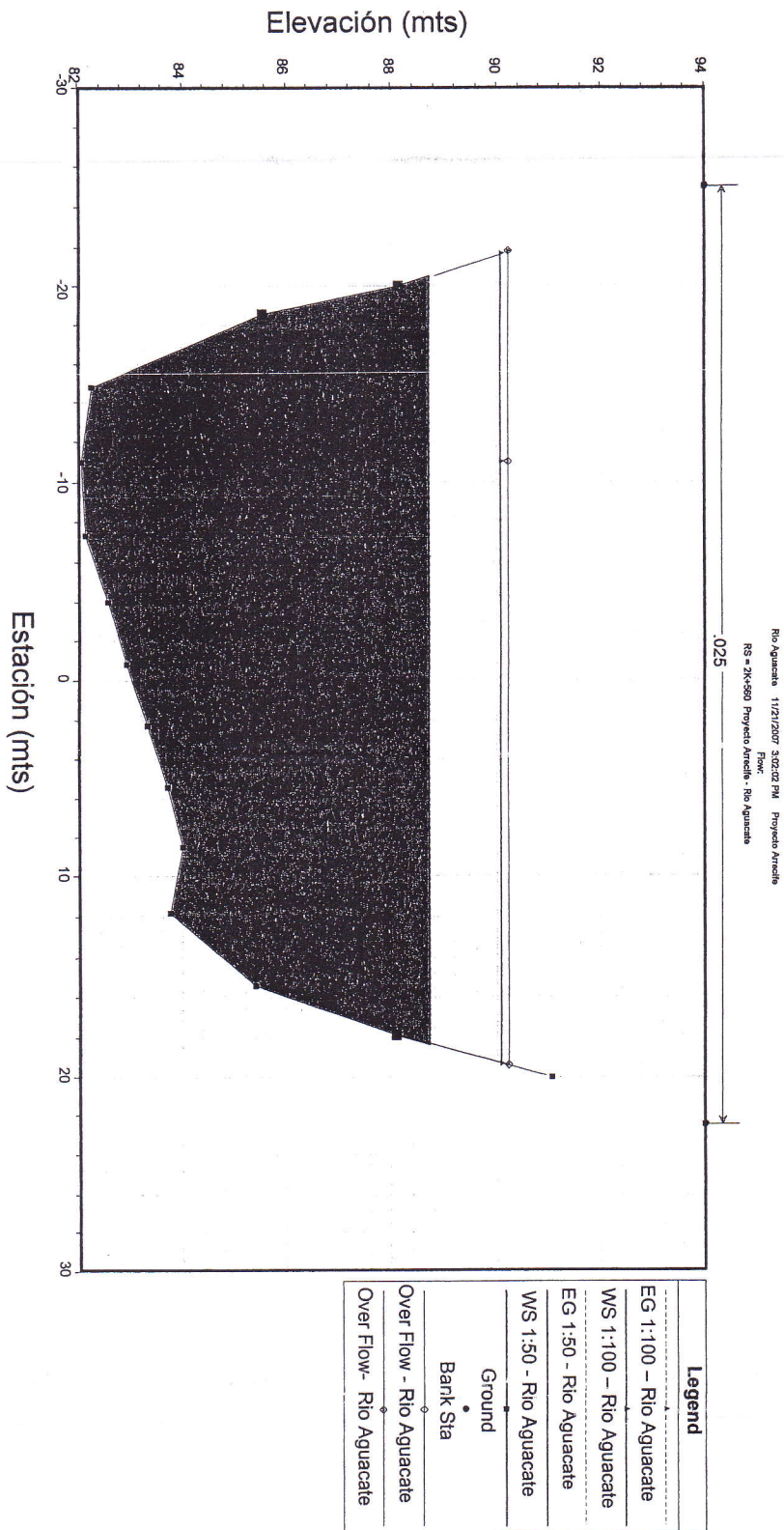
Río Aguacate (Principal) **(2K+320) Simulación 1:50, 1:100**



SECCION 2K+560

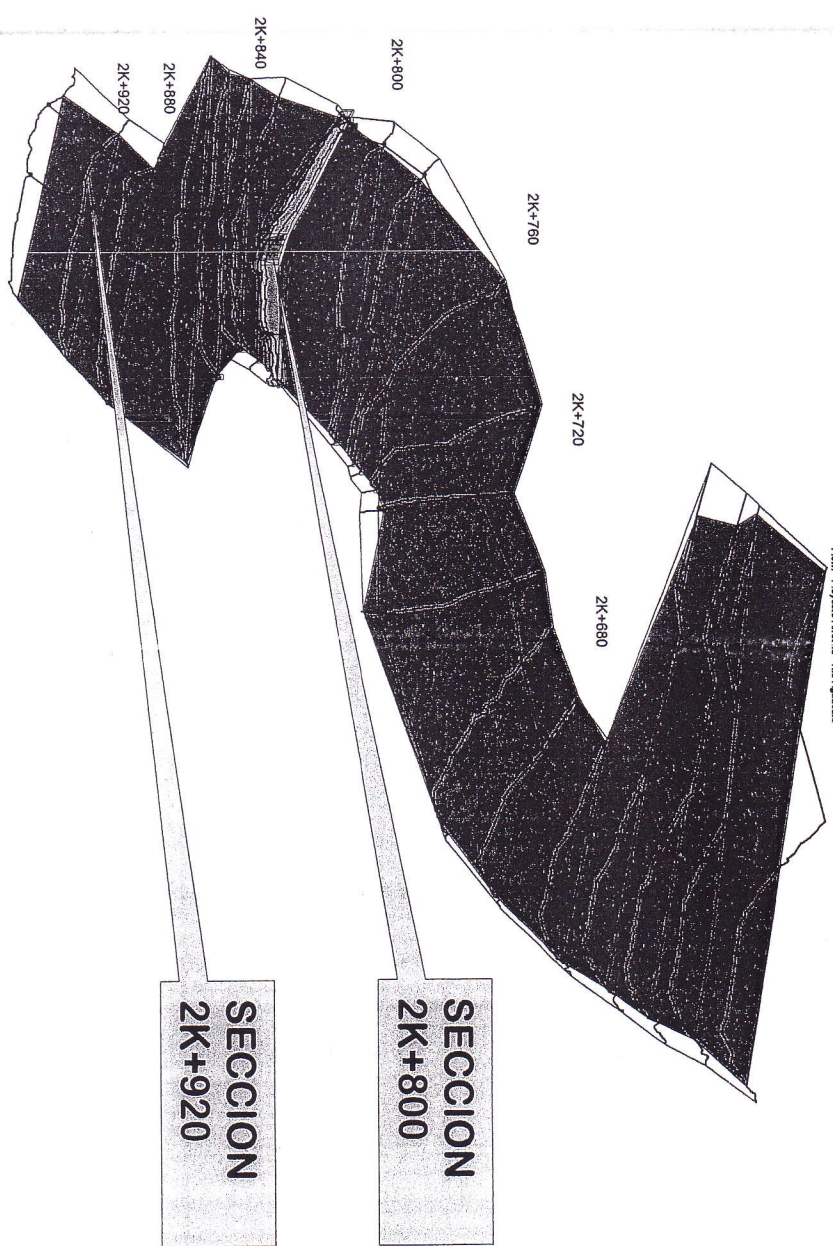


Río Aguacate (Principal) (2k+560) Simulación 1:50, 1:100



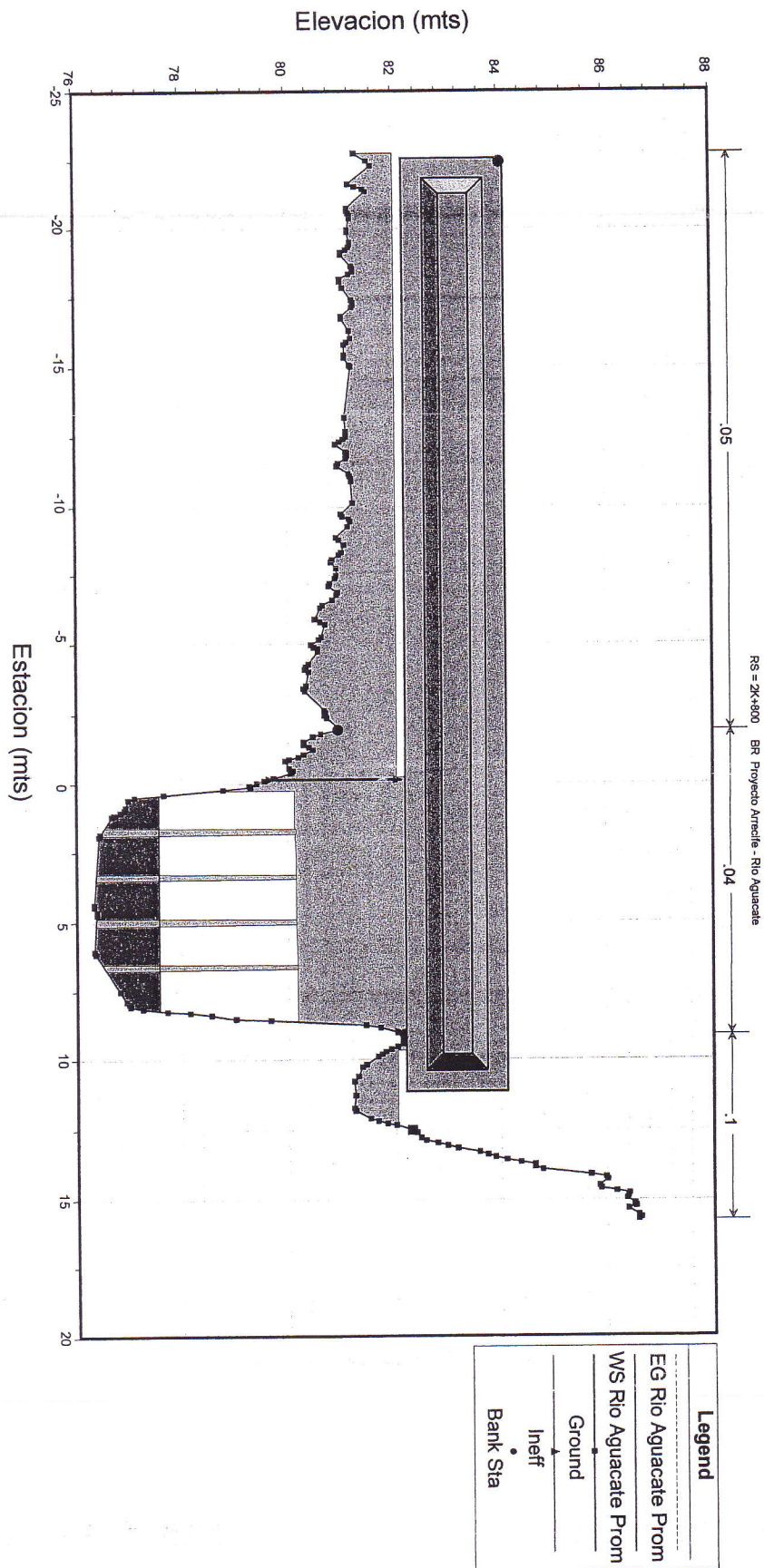
SECCION 2K+800

Por Aguas de los Puertos
Proy. Puertos Inter. - Rio / Aguas

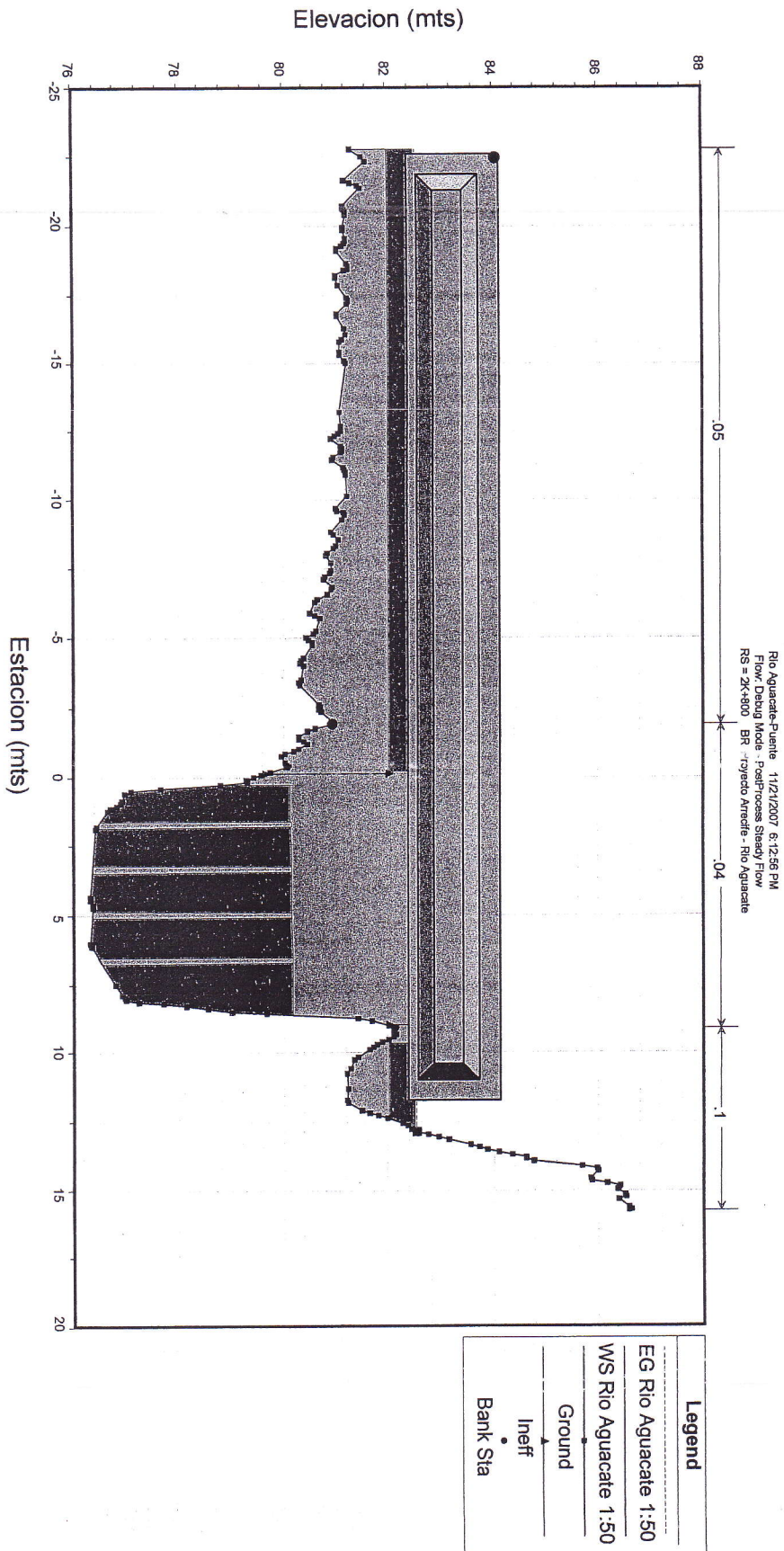


Legend	
WS Max WS	
Ground	
Bank Sta	
Levee	

ESTRUCTURA DE PUENTE (SIMULADO) **SECCION 2K+800 (Nivel Promedio)**



ESTRUCTURA DE PUENTE (SIMULADO) SECCION 2K+800 1:50



ESTRUCTURA DE PUENTE (SIMULADO) SECCION 2K+800 1:100

