

CENTRAL

**ETERNA**

# **INFORME**

**ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO PARA EL  
PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE  
ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE  
PROTECCION EN CAUCE DEL RÍO TALNIQUE,  
RUTA CA:08W MUNICIPIO DE SACACOYO,  
DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.**

**PRESENTA:**

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.  
INGENIEROS CONSULTORES**

**ENERO 2012**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.**

*[Firma manuscrita]*

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

**INDICE**

INTRODUCCION.....	1
1-ESTUDIO DE CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA .....	3
1.1 CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	4
1.1.1 Clasificación e Índices Climáticos .....	4
1.1.2 Principales Variables Climatológicas .....	4
1.1.3 Precipitación.....	5
1.1.4 Temperatura.....	6
1.2 INFORMACIÓN SOBRE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO TALNIQUE .....	6
1.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	7
1.4 USO DEL SUELO.....	10
1.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	11
1.5.1 Cálculo del Coeficiente de Escorrentía Ponderado.....	11
1.6 ANALISIS DE LA LLUVIA .....	12
1.7 MODELO DE ESCURRIMIENTO A UTILIZAR EN EL ESTUDIO.....	17
1.8 APLICACIÓN DEL MODELO DE ESCURRIMIENTO.....	19
1.9 CÁLCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO.....	21
2-ANALISIS HIDRAULICO .....	22
2.1 INTRODUCCION.....	23
2.2 OBJETIVOS.....	23
2.3 RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS.....	24
2.4 CARACTERIZACION HIDROGEOMORFOLOGICA EN LA REGION DE UBICACIÓN DEL PUENTE.....	24
2.5 CÁLCULO HIDRÁULICO.....	27
2.6 PERFIL DEL NIVEL DEL AGUA CON FLUJO PERMANENTE.....	27
2.7 SIMULACIÓN CON FLUJO A RÉGIMEN NO PERMANENTE.....	27
2.8 ECUACIONES BÁSICAS PARA LOS CÁLCULOS DEL FLUJO PERMANENTE.....	28
2.9 VERIFICACION DE LA UBICACIÓN DEL PUENTE.....	34
2.10 CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DE PASO NECESARIA .....	37
2.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

2.11.1	Conclusiones.....	40
2.11.2	Recomendación.....	40
2.12	RESULTADOS DEL CÁLCULO.....	41
2.12.1	PERIODO DE RETORNO PARA 50 AÑOS.....	41
2.12.4	PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.....	55
	3-DISEÑO ESTRUCTURAL.....	71
3.1	INTRODUCCIÓN:.....	72
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS MUROS:.....	72
3.3	INFORMACIÓN UTILIZADA:.....	72
3.4	METODOLOGIA EMPLEADA:.....	73
3.5	SOFTWARE EMPLEADO:.....	73
3.6	RESULTADOS OBTENIDOS:.....	74
3.7	RECOMENDACIONES:.....	75
3.8	CÁLCULOS REALIZADOS:.....	75
3.9	Cálculos Estructurales.....	76
4.	ANEXOS.....	110
4.1	Coefficientes de Escorrentía.....	111
4.2	Planos.....	113

### **INTRODUCCION**

El presente Estudio Hidrológico se ha realizado *PARA EL PROYECTO DENOMINADO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RÍO TALNIQUE, RUTA CA:08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD*, en la Cuenca del Río Talnique y el Sitio de interés es el punto de Intersección del Río Talnique con la Carretera Panamericana Sonsonate - San Salvador, CA:08W Kilómetro 31.

El Estudio tiene por objetivos conocer los Caudales máximos que produce la Cuenca para diferentes períodos de retorno 50 y 100 años.

Otro objetivo es el de revisar la capacidad hidráulica del Puente para cada uno de los Caudales Máximos determinados y verificar su comportamiento en cuanto a la velocidad de conducción.

Para alcanzar estos objetivos ha sido necesario efectuar tanto trabajos de campo como de Gabinete.

En los trabajos de campo se destacan:

- Inspecciones a diferentes zonas de la Cuenca para constatar los límites de la misma y los diferentes usos de los suelos, distinguiendo entre Áreas de Cultivos, Áreas Boscosas, Áreas Urbanas y Áreas Semi-urbanas.

En los trabajos de Gabinete se han realizado:

- Delimitación sobre cuadrantes topográficos de los límites de la cuenca.
- Delimitación de los diferentes tipos de usos del suelo.
- Dibujo de la Cuenca Hidrográfica.
- Obtención de las principales características de las cuencas.
- Obtención en el SNET y uso de los datos de lluvia de la Estación Meteorológica San Andrés para diferentes duraciones.

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

- Uso de las curvas Intensidad-Duración y Frecuencia en el análisis de la Lluvia.
- Determinación del Tiempo de Concentración hasta el sitio de interés.
- Determinación del Coeficiente de Escorrentía de acuerdo al tipo y áreas del uso del suelo.
- Aplicación del Hidrograma Triangular con toda información antes mencionada para determinar las Avenidas máximas para diferentes períodos de Retorno y Duraciones de la lluvia.
- Revisión de la Capacidad Hidráulica del Puente ante los diferentes caudales máximos.
- Preparación del Informe Técnico.

# **1-ESTUDIO DE CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA**

## **1.1 CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.**

### **1.1.1 Clasificación e Índices Climáticos**

Para definir las condiciones climáticas del área del Proyecto se ha utilizado la información de la Estación meteorológica San Andrés, la cual se encuentra a una elevación de 460 msnm.

La estación de San Andrés se encuentra ubicada en las instalaciones de la escuela de Agricultura ENA, en el valle de San Andrés, al oeste de la laguna de Chanmico, en la zona central del país, está caracterizada por terrenos en planicie y alomados, los suelos son arcillosos y francos, con cultivo básicos (cereales), caña de Azúcar y hortalizas en los alrededores.

La región donde se ubica la estación se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como **Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente** (0-800 msnm) la elevación es determinante (460 msnm).

Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como **Bosque húmedo subtropical, transición a tropical** (con biotemperatura > 24 °C).

Los rumbos de los vientos son predominantes del Norte durante la estación seca y del oeste en la estación lluviosa, la brisa marina del Sur y Sureste ocurre después del mediodía, la velocidad promedio anual es de 5.5 km/h.

### **1.1.2 Principales Variables Climatológicas**

A continuación se presentan los valores medios de las principales variables climatológicas, véase cuadro a continuación.

#### *Promedio Mensual de Las Principales Variables Climatológicas*

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**CUADRO N°1**

Parametro	MESES												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Luz Solar hr/día	9.4	9.4	8.9	8.2	7.6	6.4	8.0	7.8	6.1	7.0	8.2	9.2	8.0
Humedad Relativa (%)	88	65	67	69	76	79	79	79	82	80	75	74	74
Nubosidad en/10	3.0	3.2	4.2	5.7	6.7	7.5	7.0	7.4	7.8	7.1	4.6	2.6	5.6
Evapotranspiracion Potencial (mm)	130	134	167	171	165	144	152	151	132	133	123	124	1726
Viento Rumbo Dominante	N	N	W	W	W	W	NE-W	NE	W	W	W	N	W
Viento Veloc. Media Km/hr	6.0	7.1	7.6	7.4	6.0	4.7	4.5	4.3	4.3	4.1	4.6	5.4	5.5

**1.1.3 Precipitación.**

Se presentan datos sobre la variación de la lluvia a lo largo del año en mm.

**CUADRO N°2**

Parametro	MESES												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Precipitacion mensual (mm)	4	4	12	51	161	281	317	316	298	153	39	8	1644
Numero de dias con lluvia de 0.1mm o mas	1	1	2	6	14	21	23	22	22	15	4	1	132
Numero de dias con lluvia de 10mm o mas	0	0	0	3	7	9	12	10	10	6	1	0	58

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**1.1.4 Temperatura**

Se presentan datos sobre las variaciones de la temperatura a lo largo del año, esto incluye temperaturas máximas y mínimas mensuales y anuales y temperaturas máximas y mínimas absolutas mensuales y anuales.

**CUADRO N°3**

Parametro	MESES												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Temperatura Promedio (°C)	22.8	23.6	24.9	25.8	25.5	24.5	24.4	24.3	23.9	23.8	23.2	22.7	24.1
Temperatura Maximas Promedio (°C)	31.6	34.1	34.7	35.7	33.1	31.8	31.6	32.0	31.0	31.2	31.0	32.4	32.5
Temperatura Minimas Promedio (°C)	14.7	16.1	16.2	19.0	20.9	19.8	19.7	20.0	20.1	20.0	17.0	16.7	18.4
Temperatura Maxima Absoluta (°C)	37.2	37.5	39.6	39.5	39.5	36.7	35.9	36.5	36.5	36.0	35.2	35.5	37.1
Temperatura Minima Absoluta (°C)	11.0	12.0	12.0	12.5	18.5	18.5	17.5	17.5	18.0	16.0	14.5	13.0	15.1
Temperatura Humeda Promedio (°C)	18.5	18.8	20.1	21.6	22.2	22.3	21.9	22.0	22.0	21.6	20.1	19.0	20.8
Oscilacion Maxima de las temperaturas	26.2	25.5	27.6	27.0	21.0	18.2	18.4	19.0	18.5	20.0	20.7	22.5	22.0

**1.2 INFORMACION SOBRE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO TALNIQUE.**

Haciendo uso de información cartográfica contenida en los cuadrantes Nueva San Salvador y La Libertad, Escala 1:50,000; se ha preparado el dibujo de la Cuenca Hidrográfica del Río Talnique desde la intersección con la carretera de Panamericana hasta la carretera que conduce hasta Comasagua en donde se origina dicha cuenca, esto se muestra en el Plano de Cuenca, Plano N°1, de este Informe.

La información de relevancia que este mapa nos proporciona sobre el estado actual de la cuenca es la siguiente:

- **Área total de la Cuenca 104.90 km<sup>2</sup>.**
- Área de Bosques 88.54 km<sup>2</sup>.
- Área de Cultivo 10.00 km<sup>2</sup>.
- Área Semi-Urbana 5.25 km<sup>2</sup>.
- Área Urbana 1.10 km<sup>2</sup>.
- Pendiente de la Cuenca 5.0 %.
- Longitud del cauce más largo 14.39 km.
- Elevación máxima 1200 msnm
- Elevación Mínima 482 msnm

El punto de interés del estudio se encuentra ubicado en la intersección del Río Talnique con la Carretera Panamericana Sonsonate - San Salvador, CA:08W Kilómetro 31, donde se reconstruirá el Puente que colapso durante la Depresión Tropical E12, Octubre 2011.

### **1.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.**

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de Estudio o de interés.

Por las características físicas de la cuenca como son: pendiente promedio del cauce más largo, área de la cuenca y los diferentes usos del suelo se han seleccionado tres métodos diferentes para el cálculo del tiempo de concentración y se muestran a continuación:

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

<b>METODO</b>	<b>FORMULA</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>
<b>GIANDOTTI</b>	$T_c = \frac{\sqrt{A_c} + 1.5L_c}{0.8\sqrt{H_m}}$	<i>T<sub>c</sub></i> = Tiempo de concentración en horas. <i>L<sub>c</sub></i> = Longitud del cauce principal en km. <i>A</i> = Área de la cuenca km <sup>2</sup> <i>H<sub>m</sub></i> = Promedio de la elevación máxima y mínima en metros
<b>KIRPICH <sup>1</sup></b>	$T_c = 0.0078 * \left( \frac{L_c^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$	<i>T<sub>c</sub></i> = Tiempo de concentración en minutos. <i>L<sub>c</sub></i> = Longitud del cauce principal en pies. <i>S</i> = Pendiente promedio de la cuenca, adimensional.
<b>CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE <sup>2</sup></b>	$T_c = 60 * \left( \frac{11.9 * L^3}{H} \right)^{0.385}$	<i>T<sub>c</sub></i> = Tiempo de concentración en minutos. <i>L<sub>c</sub></i> = Longitud del cauce más largo en millas. <i>H</i> = Diferencia de nivel entre la elevación máxima y mínima en Pies.

Los datos necesarios para la utilización de cada método han sido obtenidos del Mapa de la cuenca en el Plano No. 1.

Los datos y resultados se muestran en el cuadro a continuación:

<sup>1</sup> Hidrología Aplicada de Ven Te Chow

<sup>2</sup> Hidrología Aplicada de Ven Te Chow

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
INGENIEROS CONSULTORES

CUADRO Nº4

**CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION**

Método	Área de la Cuenca km <sup>2</sup>	Longitud del Cauce Principal			Elevaciones				Pendiente promedio	Tiempo de Concentración (minutos)
		km.	Pies	Millas	Máxima		Mínima			
					Metros	Pies	Metros	Pies		
GIANDOTTI	104.90	14.39	47,211.29	8.94	1200	3,937.01	482.00	1,581.36	0.0499	82.38
KIRPICH	104.90	14.39	47,211.29	8.94	1200.	3,937.01	482.00	1,581.36	0.0499	98.26
CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE	104.90	14.39	47,211.29	8.94	1200	3,937.01	482.00	1,581.36	0.0499	98.39

Como puede observarse los RESULTADOS obtenidos por los tres métodos tienen el mismo orden de magnitud por lo que el Consultor utilizará un tiempo de concentración de 90 minutos (1½ hora) para el Cálculo del Caudal Pico.

ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RÍO

TALNIQUE,

RUTA CA:08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

### **1.4 USO DEL SUELO**

Del análisis de la información Cartográfica y recorridos por el área de la cuenca se pudo constatar que existen 4 tipos de usos del suelo y que se han clasificado de la siguiente manera:

- **Bosques:** Comprende las áreas que poseen abundante vegetación tales como árboles y arbustos, dichos terrenos tienen pendientes pronunciadas. Esta área cuenta con 88.54 km<sup>2</sup>, representando el 84% del área de la Cuenca.
- **Áreas de Cultivos:** Esta área consiste en terrenos muy planos, destinados para realizar diferentes cultivos, comprende una área de 10.00 km<sup>2</sup> representando 10% del área de la Cuenca.
- **Área Semi Urbana:** Esta consiste en Colonias desarrolladas en forma informal cercanas a las zonas de protección de las quebradas y las cercanías de la cabeceras municipales, cuenta con una área de 5.25 km<sup>2</sup>, representando el 5% del área de la Cuenca.
- **Áreas Urbanas:** esta área corresponde a los diferentes municipios localizados dentro de la Cuenca, comprende una área de 1.10 km<sup>2</sup>, representando 1% del área de la Cuenca.

Hidrológicamente las áreas consideradas urbanas son las que producen la mayor escorrentía y una rápida respuesta de esta ante la lluvia.

Las zonas semi-urbanas o zonas de protección de las quebradas y las zonas rurales producen menor escorrentía y ayudan a amortiguar la crecida alargando su tiempo base.

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

**1.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.**

El coeficiente de escorrentía está en función del uso de suelo dentro de la cuenca, y da indicio para establecer la capacidad de la superficie de convertir la lluvia caída, en escorrentía directa como porcentaje del total de lluvia.

Para las áreas de escurrimiento de la cuenca de estudio, se establecen los valores de coeficiente de escorrentía adimensionales en el Cuadro N°5, de acuerdo con los usos de suelos establecidos. Las referencias consultadas son Ven Te Chow. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill, (ver Anexos, Coeficientes de Escorrentía para ser usados en el Método Racional).

**Cuadro N°5. Coeficientes de escorrentía**

<b>USO DE SUELO</b>	<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C.)</b>
Bosques	0.45
Área de Cultivo	0.43
Área Urbanas	0.80
Áreas Semi-urbanas	0.60

**1.5.1 Cálculo del Coeficiente de Escorrentía Ponderado.**

Por cada área de drenaje se obtendrá un coeficiente de escorrentía ponderado, sumando los productos parciales de las áreas por su respectivo uso de suelo, y luego dividiendo esta sumatoria entre el área de drenaje total analizada.

La división de áreas de uso de suelo de la cuenca se presenta en el Plano de Usos de Suelo, (ver Plano de Usos de Suelos, Plano N°2).

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

**CUADRO N°6**

Uso de Suelo	Área	Coefficiente de Escorrentia	Área *Coefficiente de Escorrentia
<i>Bosques</i>	88.54	0.45	39.84
<i>Área de Cultivos</i>	10.00	0.43	4.30
<i>Área Semi-Urbana</i>	5.25	0.60	3.15
<i>Área Urbana</i>	1.10	0.80	0.88
<i>Total</i>	104.89		48.17
<i>Coefficiente de Escorrentia Ponderado</i>	<b>0.46</b>		

### **1.6 ANALISIS DE LA LLUVIA**

Para estudiar la variación de la lluvia en cuanto a su intensidad, duración y frecuencia, se ha seleccionado la estación meteorológica L4-San Andrés, que está a una elevación de 460 msnm y en las coordenadas N13°48.5', W89°24.4'. Para la elevación 460 msnm y las condiciones de esta zona, la lluvia que representa esta estación es de tipo orográfica por encontrarse entre las elevaciones de la cordillera central del país, mismas condiciones representativas de la zona de estudio ubicada en las laderas del Cerro Nejapa y al noreste del Volcán San Salvador. Los datos proporcionados por el SNET para esta estación se presentan a continuación.

- Datos de Intensidades de lluvia en mm/minuto desde 1953 hasta el 1985 para diferentes duraciones.
- La Curva Intensidad – Duración y Frecuencia de la Estación San Andrés, hasta periodos de Retorno de 100 años y también las diferentes intensidades, duraciones y periodos de retorno en una tabla.
- Así como en el Plano de ubicación de la Estación.



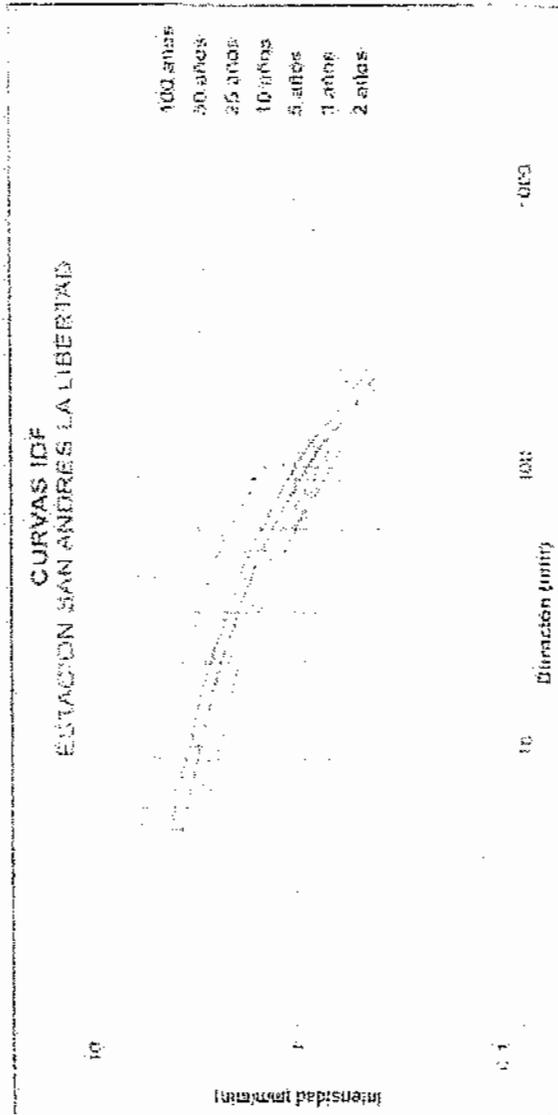
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

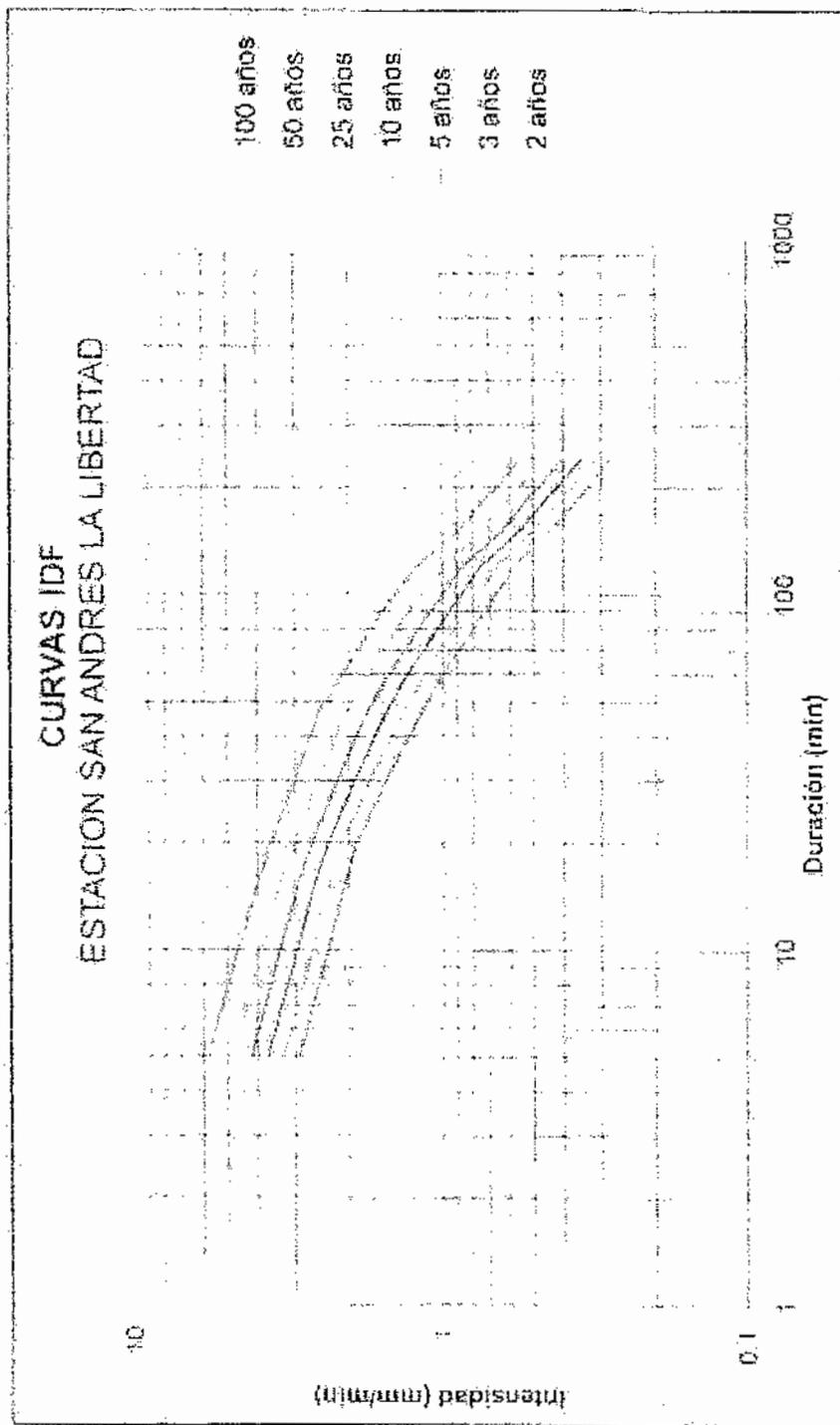


Para todo el registro de datos

	100 años	50 años	25 años	10 años	5 años	2 años
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.04	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19
15	0.05	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21
20	0.06	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23
30	0.08	0.13	0.17	0.21	0.24	0.27
40	0.10	0.15	0.19	0.23	0.26	0.29
50	0.12	0.17	0.22	0.26	0.29	0.32
60	0.14	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34
70	0.16	0.21	0.26	0.30	0.33	0.36
80	0.18	0.23	0.28	0.32	0.35	0.38
90	0.20	0.25	0.30	0.34	0.37	0.40
100	0.22	0.27	0.32	0.36	0.39	0.42
200	0.30	0.36	0.41	0.45	0.48	0.51
300	0.35	0.41	0.46	0.50	0.53	0.56



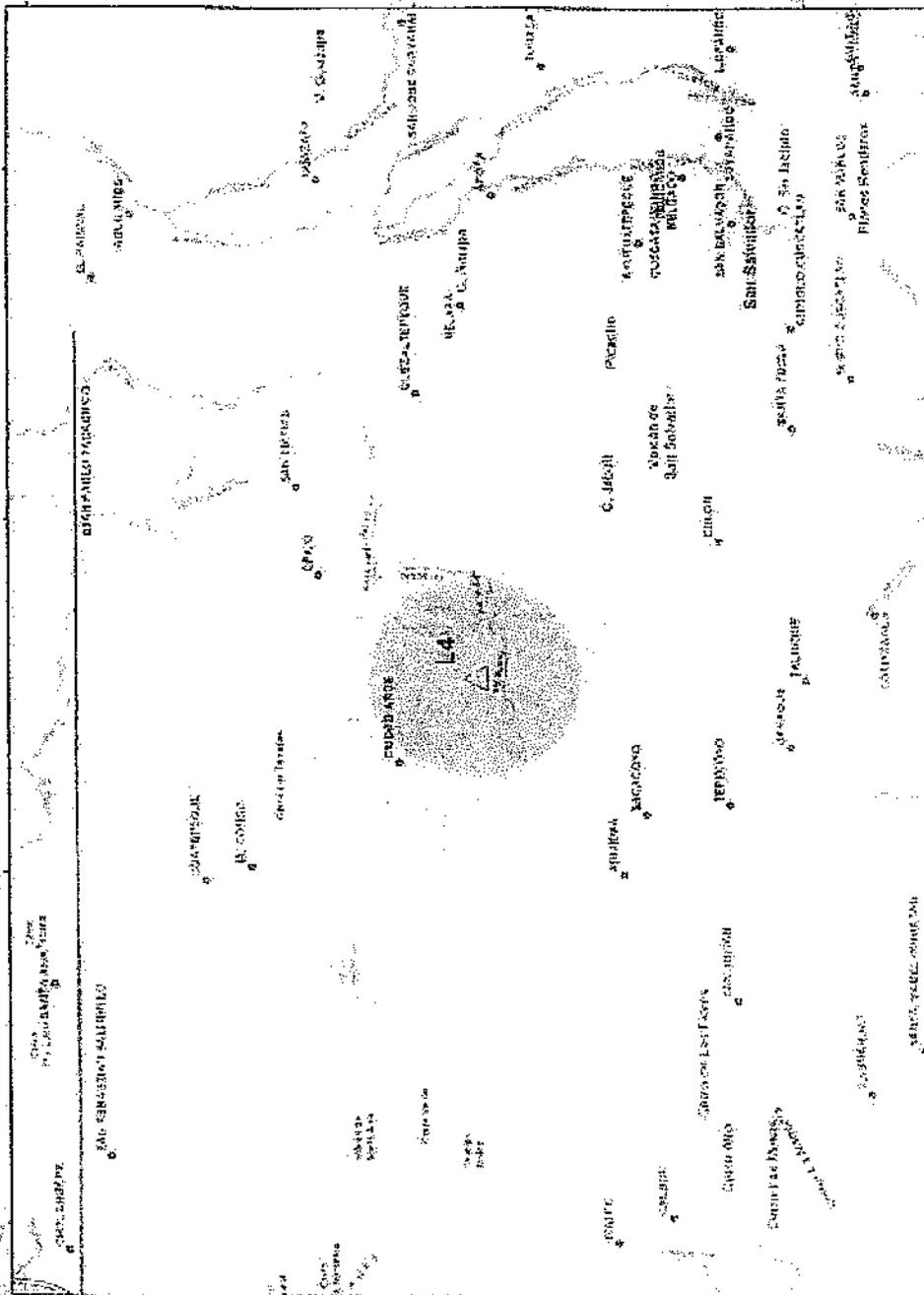
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

### Zonas de Influencia cada 5 km Estación Meteorológica L4 - San Andrés



### **1.7 MODELO DE ESCURRIMIENTO A UTILIZAR EN EL ESTUDIO.**

El modelo que se considera más apropiado para pequeñas cuencas es el del Método del Hidrograma Triangular (Referencia: Diseño de Presas Pequeñas Capítulo 2 del Bureau of Reclamation, Denver, USA).

El modelo de escurrimiento del Hidrograma triangular, tal como su nombre lo indica considera la respuesta de la cuenca ante la lluvia como un triángulo.

En el Hidrograma triangular la configuración del mismo está en función de los tiempos de duración de la tormenta efectiva (D) y tiempo de concentración del flujo ( $T_c$ ).

Si se dispone de información sobre las cuencas en cuanto a longitud del curso, pendientes y áreas, se pueden definir los parámetros que determinan la geometría del Hidrograma. Así también si se dispone de esta geometría y el volumen de escorrentía directa para una determinada tormenta se pueda deducir el caudal Pico ( $q_p$ ) de la siguiente manera:

$$q_p = \left( \frac{2 * V}{T_b} \right)$$

$$V = \left( \frac{q_p * T_b}{2} \right)$$

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
INGENIEROS CONSULTORES

En Cuencas donde el área rural es considerable <sup>3</sup>

$$\frac{I_c}{I_r} = 1.67$$

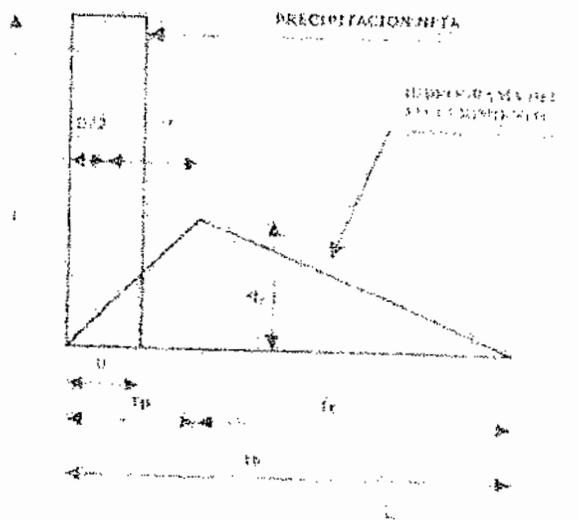
$$L = 0.6 \cdot T_c$$

$$I_b = 2.67 \cdot I_p$$

$$I_p = \frac{D}{2} - L$$

$$I_p = \frac{D}{2} - 0.6 \cdot T_c$$

$$\dots I_b = 2.67 \cdot \left( \frac{D}{2} - 0.6 \cdot T_c \right)$$



**En donde:**

$q_p$  = Caudal Pico

$L$  = Tiempo de retraso

$D$  = Duración de la lluvia

$T_c$  = Tiempo de concentración

$T_p$  = Tiempo de ocurrencia del Pico

$T_r$  = Tiempo de descenso

$T_b$  = Tiempo base del Hidrograma

<sup>3</sup> Diseño de Presas Pequeñas, Capítulo 2, Bureau of Reclamation Denver USA.

### **1.8 APLICACIÓN DEL MODELO DE ESCURRIMIENTO**

Tal como ha sido indicado anteriormente para calcular las avenidas máximas por el Método del Hidrograma Triangular, previamente es necesario calcular los parámetros siguientes:

- Coeficiente de escorrentía.
- Tiempo de concentración.
- Duración de la tormenta.

#### **Duración de la Tormenta**

El Río Talnique hasta el punto de interés tiene una cuenca de 105.43 km<sup>2</sup>, en este tipo de Ríos las tormentas que producen las mayores avenidas son tormentas de corta duración y de alta intensidad de lluvia, en tal sentido se utilizarán lluvias de varias duraciones tales como ½ hora, 1 hora, 1½ hora y 2 horas, seleccionándose la que produzca la avenida máxima.

#### **Calculo de Caudales Máximos para diferentes períodos de Retorno.**

El cálculo de caudales máximos o caudales pico de las avenidas se efectuará utilizando el Modelo Lluvia Escorrimento, el cual considera la respuesta de la Cuenca ante el estímulo de la lluvia como un Hidrograma Triangular.

La lluvia ha sido considerada para diferentes duraciones de tormenta con el objeto de encontrar la situación más crítica, las diferentes intensidades para las diferentes duraciones se han tomado de las Curvas de Intensidad – Duración y Frecuencia de lluvia de la Estación Meteorológica de San Andrés.

Los Datos y Fórmulas utilizadas en el Cálculo son los siguientes:

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**CUADRO N°7: Intensidades para diferentes Periodos de Retorno.**

Tiempo de duración (h)	DE LAS IDF Para PDR 50 años		DE LAS IDF Para PDR 100 años	
	Intensidad (mm/min)	Intensidad (mm/h)	Intensidad (mm/min)	Intensidad (mm/h)
0.5	2.77	166.20	3.01	180.60
1	1.92	115.20	2.10	126.00
1.5	1.41	84.60	1.55	93.00
2	1.10	66.00	1.20	72.00

Coefficiente de Escorrentía	C=0.46
Tiempo de Concentración	T <sub>c</sub> = 1 ½ hora
Intensidades de la lluvia para diferentes duraciones y Periodos de retorno.	Las indicadas en el Cuadro N°7
Lamina de Lluvia efectiva	L <sub>lef</sub> = Duración de la tormenta x intensidad x C
Volumen de Escorrentía Directa, V	= Área de la Cuenca x Lluvia efectiva
Tiempo base del Hidrograma Triangular	$T_b = 2.67 * \left( \frac{D}{2} + 0.6 * T_c \right)$
Caudal Pico del Hidrograma Triangular	$q_p = \left( \frac{2 * V}{T_b} \right)$

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**1.9 CALCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO**

A continuación se presenta los resultados obtenidos del Cálculo del Caudal Hidrológico de la Cuenca para un periodo de retorno de 50 y 100 años con diferentes duraciones de tormenta.

**CUADRO N°7**

**CALCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO**

DURACION	PERIODO DE RETORNO (años)		INTENSIDAD (mm/h)	LAMINA DE LLUVIA (mm)	LAMINA DE LLUVIA EFECTIVA (mm)	ÁREA DE LA CUENCA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE ESCORRENTIA (m <sup>3</sup> )	DOBLE VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Tb=2.67*(D/2+0.6t <sub>d</sub> ) (minutos)	CAUDAL PICO (m <sup>3</sup> /s)
	MINUTOS	HORAS								
30	0.5	50	166.20	83.1	38.23	104899,891.05	4009,903.24	8019,806.47	184.23	725.52
60	1	50	115.20	115.2	52.99	104899,891.05	5558,855.03	11117,710.05	224.28	826.18
90	1.5	50	84.60	126.9	58.37	104899,891.05	6123,426.24	12246,852.48	264.33	772.19
120	2	50	66.00	132	60.72	104899,891.05	6369,521.38	12739,042.77	304.38	697.54
30	0.5	100	180.60	90.3	41.54	104899,891.05	4357,331.67	8714,663.35	184.23	788.39
60	1	100	126.00	126	57.96	104899,891.05	6079,997.69	12159,995.37	224.28	903.63
90	1.5	100	93.00	139.5	64.17	104899,891.05	6731,426.01	13462,852.02	264.33	848.87
120	2	100	72.00	144	66.24	104899,891.05	6948,568.78	13897,137.57	304.38	760.95

## **2-ANALISIS HIDRAULICO**

## **2.1 INTRODUCCION**

A continuación se describen los lineamientos básicos para el cálculo del puente proyectado ubicado sobre la Carretera Panamericana, en la intersección con el río Talnique en el municipio de Sacacoyo, Departamento de La Libertad.

Los estudios Hidrológicos fueron descritos detalladamente en etapas anteriores, aquí solo se describe un resumen de los resultados obtenidos que sirvieron como insumo para efectuar los análisis hidráulicos.

Se realiza una breve caracterización fisiográfica del área bajo estudio en las inmediaciones del puente, con el objeto de entender la dinámica fluvial del curso en la interacción con la obra.

El Puente proyectado, se emplaza para sustituir el puente que se llevo la crecida del río durante la depresión tropical E12, en octubre del 2011 (Domingo 16 de octubre).

## **2.2 OBJETIVOS**

El estudio tiene por finalidad la determinación del dimensionamiento y de los parámetros hidráulicos de diseño del puente proyectado para el cruce del río Talnique. Además se analizará el comportamiento hidráulico del cauce, aguas arriba del puente proyectado hasta 100 m aguas arriba del puente existente.

Para cumplir con este objetivo se desarrollaron una serie de tareas que permitieran:

- Verificar el sitio de emplazamiento del puente.
- Verificar los niveles de máxima creciente, y relacionar así la cota de la superficie libre del flujo con la cota adoptada de la parte inferior de la estructura del puente específicamente el nivel inferior de las vigas metálicas del puente.

### **2.3 RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS**

La cuenca del río Talnique, tiene una extensión de **104.90 km<sup>2</sup>**. Una longitud del cauce de principal de **14.39 km.** y un tiempo de concentración de **98.26 minutos.** El caudal de diseño es de **826.18 m<sup>3</sup>/s.** para un período de retorno de **50 años** y **903.63 m<sup>3</sup>/s.** para un periodo de retorno de **100 años.**

### **2.4 CARACTERIZACION HIDROGEOMORFOLOGICA EN LA REGION DE UBICACION DEL PUENTE.**

En el tramo bajo estudio del puente, se presenta en tangente con sentido de sur a norte. Morfológicamente la dinámica fluvial en el tramo bajo estudio es estable. Las características del material que conforma el relieve le confiere elevada estabilidad a la sección del cauce.

El consultor ha analizado 365m para la modelación hidráulica, estos se inician aproximadamente 100m aguas arriba del puente existente (en uso) hasta 165m aguas abajo del puente proyectado, analizando un total de 19 secciones transversales; además se ha incluido en el modelo hidráulico el puente existente y el puente proyectado.

En las siguientes fotografías, tomadas aguas arriba del Puente proyectado, se puede observar el tipo de lecho que compone el río Talnique. En ellas se observan que el cauce principal del Río no tiene vegetación y en la margen izquierda tiene vegetación perene (árboles) y casas; el material que forma el fondo del río y sus laterales está formado por grava boleada y piedra pequeña.



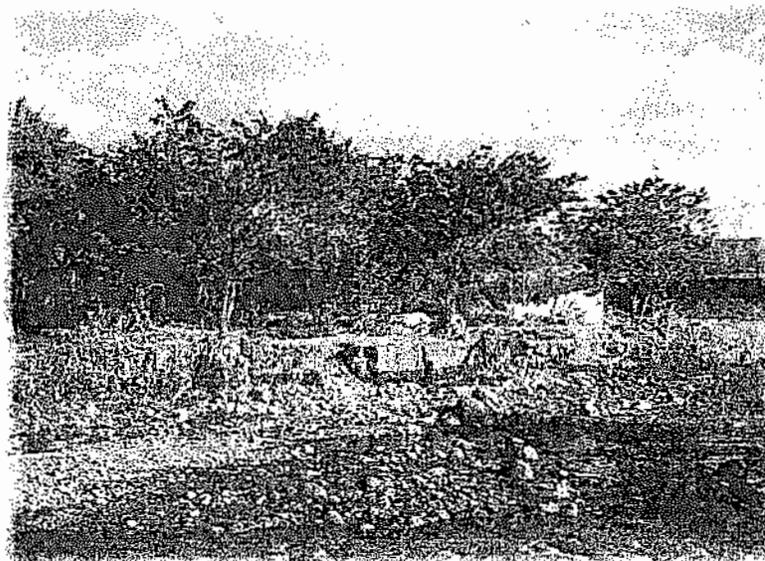
*Cauce del Río Talnique*



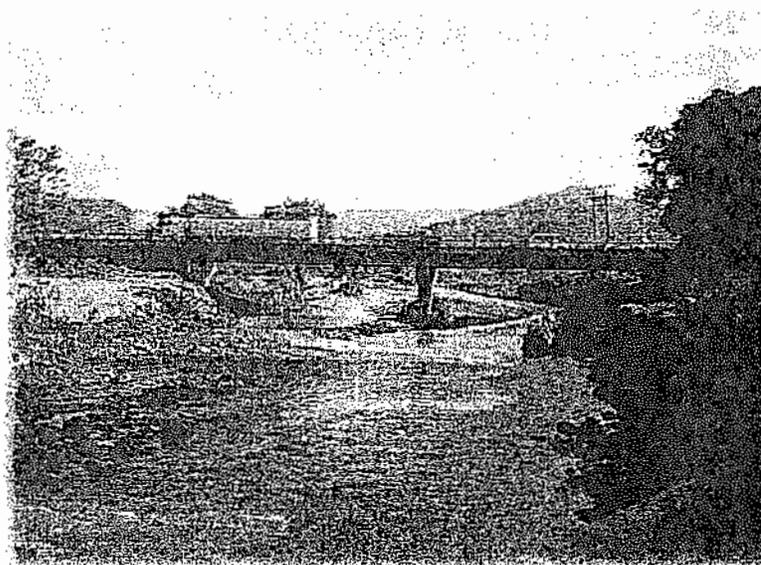
*Cauce del Río Talnique*

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---



*Riveras del Río Talnique.*



*Aguas arriba del puente existente.*

## ***2.5 CÁLCULO HIDRÁULICO.***

El cálculo hidráulico del puente significa en primer lugar determinar su capacidad de desagüe, o bien verificar si el caudal de proyecto pasa bajo él, y en segundo lugar determinar la sobre elevación de nivel provocada por el puente.

Para el análisis hidráulico de se seleccionó el programa computacional HEC-RAS de la U. S. Army Corps of Engineers River Analysis System. HEC-RAS® ha sido desarrollado por el Centro Hidrológico de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros, para modelar flujo unidimensional permanente o no permanente a través de redes completas de canales abiertos naturales y artificiales.

En su Versión 4.1.0, desarrollada en 2008, contiene dos componentes de análisis hidráulico unidimensional: 1) cómputos de perfiles longitudinales de flujo permanente; 2) simulaciones con flujo no permanente.

Una importante característica de este programa es que utiliza una representación geométrica en común para ambos componentes, y además utiliza rutinas de cómputos geométricos e hidráulicos en común.

## ***2.6 PERFIL DEL NIVEL DEL AGUA CON FLUJO PERMANENTE.***

Esta componente calcula el perfil del nivel del agua para flujo permanente gradualmente variado, con flujo a régimen subcrítico, crítico o supercrítico. El programa puede procesar una red completa de canales o un simple brazo de un río.

## ***2.7 SIMULACIÓN CON FLUJO A RÉGIMEN NO PERMANENTE.***

Esta componente de HEC – RAS es capaz de simular flujo unidimensional no permanente a través de una red completa de canales a cielo abierto. Este componente de flujo no permanente fue desarrollado inicialmente para flujo

subcrítico, pero con las nuevas versiones, el programa puede modelar flujo combinado (flujo subcrítico, supercrítico, saltos hidráulicos y caídas) bajo condiciones de flujo no permanente.

Los cálculos hidráulicos para secciones transversales, puentes, alcantarillas, y otras estructuras hidráulicas que fueron desarrolladas para el módulo de flujo permanente han sido incorporados en el módulo de flujo no permanente.

### **2.8 ECUACIONES BÁSICAS PARA LOS CÁLCULOS DEL FLUJO PERMANENTE.**

HEC-RAS es un paquete integrado de programas de análisis hidráulicos, en los cuales el usuario interactúa con el sistema a través de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).

El cálculo del perfil hidráulico se realiza de una sección a otra mediante el empleo de la ecuación de la energía a través del método iterativo conocido como el Método Estándar por Etapas. La ecuación de la energía se puede escribir como:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde:

$y_1, y_2$  : profundidad del agua en las secciones transversales 1 y 2.

$z_1, z_2$  : elevación del canal principal en las secciones 1 y 2.

$V_1, V_2$  : Velocidad promedio en las secciones 1 y 2 ( $= Q/A$ ).

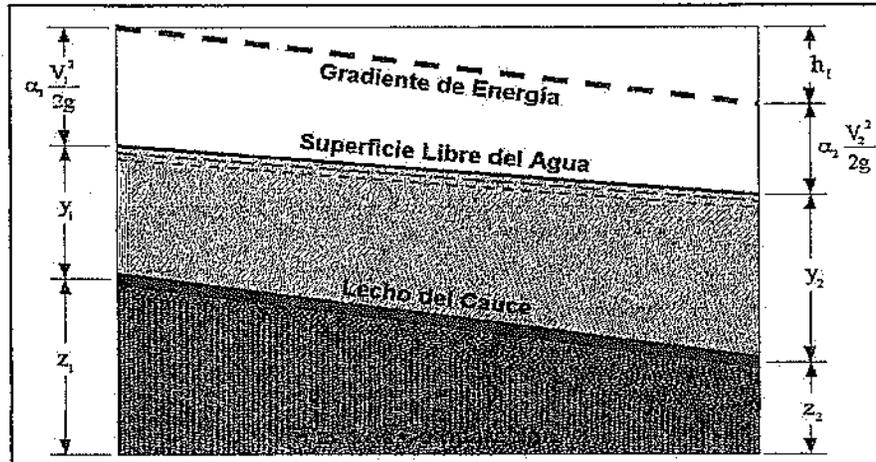
$\alpha_1, \alpha_2$  : Coeficientes de Coriolis.

$g$  : Aceleración de la gravedad.

$h_e$  : Pérdida de carga (energía por unidad de peso)

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

En la figura siguiente se muestra el esquema con los términos de la ecuación de la energía.



*Figura 1: Representación de la ecuación de la Energía en el modelo HEC-RAS*

La altura de pérdidas de energía ( $h_e$ ) entre dos secciones está compuesta por la altura debida a las pérdidas por fricción y por la altura debida a las pérdidas localizadas por contracción y por expansión. La ecuación para la altura de pérdida de energía es:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Donde:

$L$ : distancia ponderada de la longitud del tramo

$\bar{S}_f$ : Pendiente representativa del tramo

$C$ : coeficiente de contracción o expansión

La distancia ponderada de la longitud de un tramo se calcula de la siguiente manera:

# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

---

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

Donde:

$L_{lob}$ ,  $L_{ch}$ ,  $L_{rob}$  : longitud de los tramos de la sección transversal para la planicie de inundación izquierda, el canal principal y la planicie de inundación derecha respectivamente.

$\bar{Q}_{lob}$ ,  $\bar{Q}_{ch}$ ,  $\bar{Q}_{rob}$  : Promedio aritmético entre los caudales de una sección: caudal de la planicie de inundación izquierda, del canal principal y de la planicie derecha respectivamente.

La determinación del caudal total y del coeficiente de velocidad en una sección transversal requiere de la subdivisión del flujo en fajas para las cuales la velocidad se puede asumir uniformemente distribuida. La aproximación empleada por HEC-RAS es dividir el flujo por fajas en las áreas de inundación, usando los coeficientes de Manning ingresados para cada sector como elemento de división (ubicación en donde cambia el valor de  $n$ ) tal como se muestra en el esquema de subdivisión lateral en fajas de la sección transversal.

El caudal se calcula dentro de cada subdivisión de la siguiente forma en base a la ecuación de Manning:

$$Q = K S_f^{0.5}$$
$$K = \frac{c_u}{n} A R^{2/3}$$

Donde:

$K$  = factor de conducción

$n$  = coeficiente de Manning

$A$  = área del flujo para la subdivisión

$R$  = radio hidráulico (área / perímetro mojado)

$c_u = 1.0$  para unidades SI y  $c_u = 1.486$  para unidades inglesas

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

El programa suma todos los caudales en la planicie de inundación para obtener la conducción en la misma, tanto para la planicie izquierda como para la derecha. La conducción del canal principal se calcula por lo general como una sola faja. La conducción total de la sección transversal se obtiene sumando las tres subdivisiones.

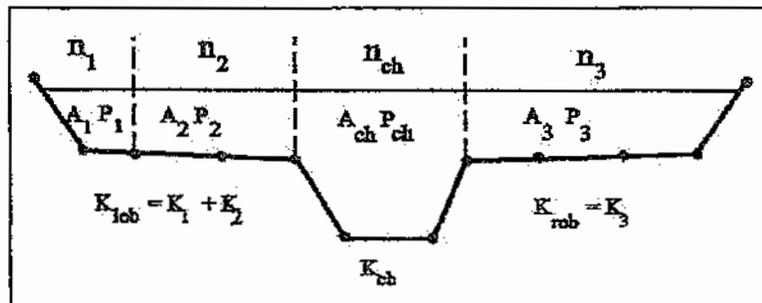
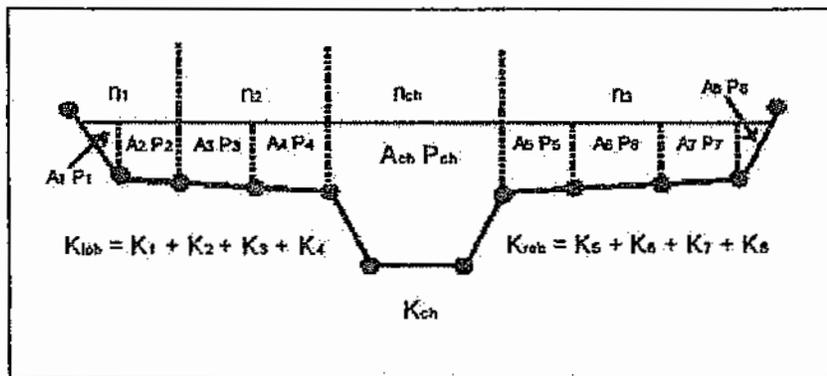


Figura 2: Método de subdivisión por defecto en HEC-RAS

HEC-RAS dispone de un método alternativo para calcular la conductancia entre cada punto de quiebre de la planicie de inundación. Los caudales de cada faja se suman para obtener los caudales totales en las diferentes planicies. El caudal total es la suma de los caudales de las tres subdivisiones. Este método se usa por defecto en el programa HEC-2.



*Figura 3: Método de subdivisión alternativo en HEC-RAS*

Los resultados de ambos métodos serán diferentes cuando las planicies de inundación presenten vegetación y pendientes muy empinadas. En general, la aproximación por defecto de HEC-RAS calcula una conducción menor para igual elevación de superficie que la metodología alternativa.

El caudal en el canal principal no se divide en fajas a menos que se presenten diferentes rugosidades dentro el mismo. Cuando se presentan diferentes valores de  $n$  en el mismo, el programa HEC-RAS verifica si el canal principal tiene taludes superiores a  $z = 5$ . Si el resultado es positivo, establece las fajas en los cambios de  $n$  y calcula el valor de  $n_c$  en base a la siguiente relación (Chow, 1959):

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3}$$

Donde:

- $n_c$  : coeficiente de rugosidad equivalente
- $P$  : perímetro mojado de la sección principal
- $P_i$  : perímetro mojado de la faja  $i$
- $n_i$  : coeficiente de rugosidad de Manning de la faja  $i$

La pendiente del canal principal en HEC-RAS se define como la distancia horizontal entre valores adyacentes de las progresivas de  $n$  dentro de dicho canal sobre la diferencia de altura de estos puntos. El valor de " $n_c$ " debe ser razonable. El valor calculado se presenta como  $n$  en los resultados.

Finalmente, debe destacarse que el programa aún no posee la capacidad de trabajar con fondos móviles (por ejemplo, transporte de sedimentos) y necesita

que las pérdidas de carga se definan en los términos contenidos en la ecuación de energía antes presentada.

Para la aplicación del modelo, se utilizó el producto del relevamiento topográfico en campaña de un conjunto de secciones transversales del cauce, localizadas tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección de cruce.

Asimismo, se analizaron las características de rugosidad del cauce que definen la resistencia al escurrimiento de los contornos del mismo, tanto en el canal de flujo principal como en las planicies de inundación sobre margen derecha y margen izquierda.

Se estimó una rugosidad de Manning de 0.03 en el canal principal y 0.04 en la planicie de inundación del río.

De los resultados del relevamiento topográfico se obtuvieron las secciones transversales del cauce de la quebrada el Sitio, las cuales sirvieron como datos input para alimentar el modelo en el Hec-Ras.

**Limitaciones del programa en flujo permanente:**

Las siguientes asunciones están implícitas en las expresiones analíticas utilizadas por el software.

- El flujo es estable (Invariante en el tiempo): El flujo es asumido como estable porque los términos dependientes del tiempo no son incluidos en la ecuación de energía.
- El flujo es gradualmente variado (Excepto en estructuras hidráulicas tales como puentes, alcantarillas y vertederos): El flujo es asumido gradualmente variado porque la ecuación de energía está basada en la premisa que existe distribución de presiones hidrostática en cada

sección transversal. En las secciones donde el flujo es rápidamente variado, el programa cambia a la ecuación de momentum u otras ecuaciones empíricas

- El flujo es unidimensional (son considerados sólo los componentes de velocidad paralelos al flujo): El flujo es asumido unidireccional porque los cálculos se basan en la premisa que la carga total de energía es la misma para todos los puntos en una sección transversal

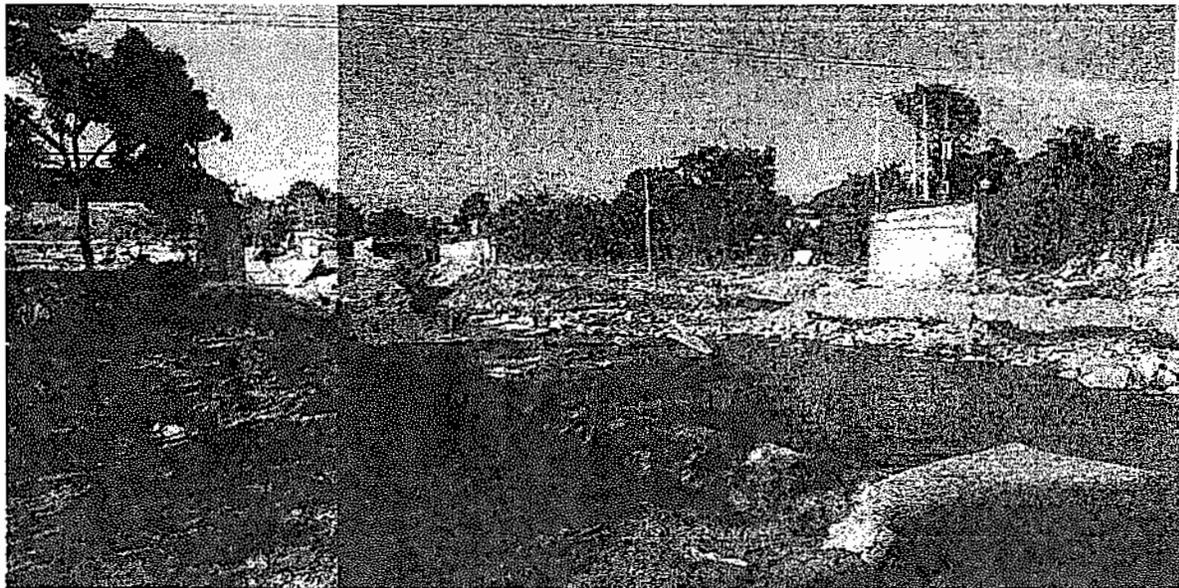
### **2.9 VERIFICACION DE LA UBICACIÓN DEL PUENTE.**

El eje de la Obra proyectada se encuentra esviada en relación al eje del río, lo que significa que el punto de será normal al eje del río y forma un ángulo  $101.835^\circ$ . Si bien la obra de paso proyectada se localiza en un tramo del río que tiene un alineamiento recto (aguas arriba), no así la salida de la obra que se localiza en tramo del cauce que forma un meandro; las márgenes en este sector están compuestas por suelos un poco más estables que impide el movimiento del río hacia los laterales, vale decir que ambos lados del río son relativamente estables con cierto grado de peligro de erosión lateral.

En la siguiente fotografía se observa la sección de cruce, del puente colapsado.

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

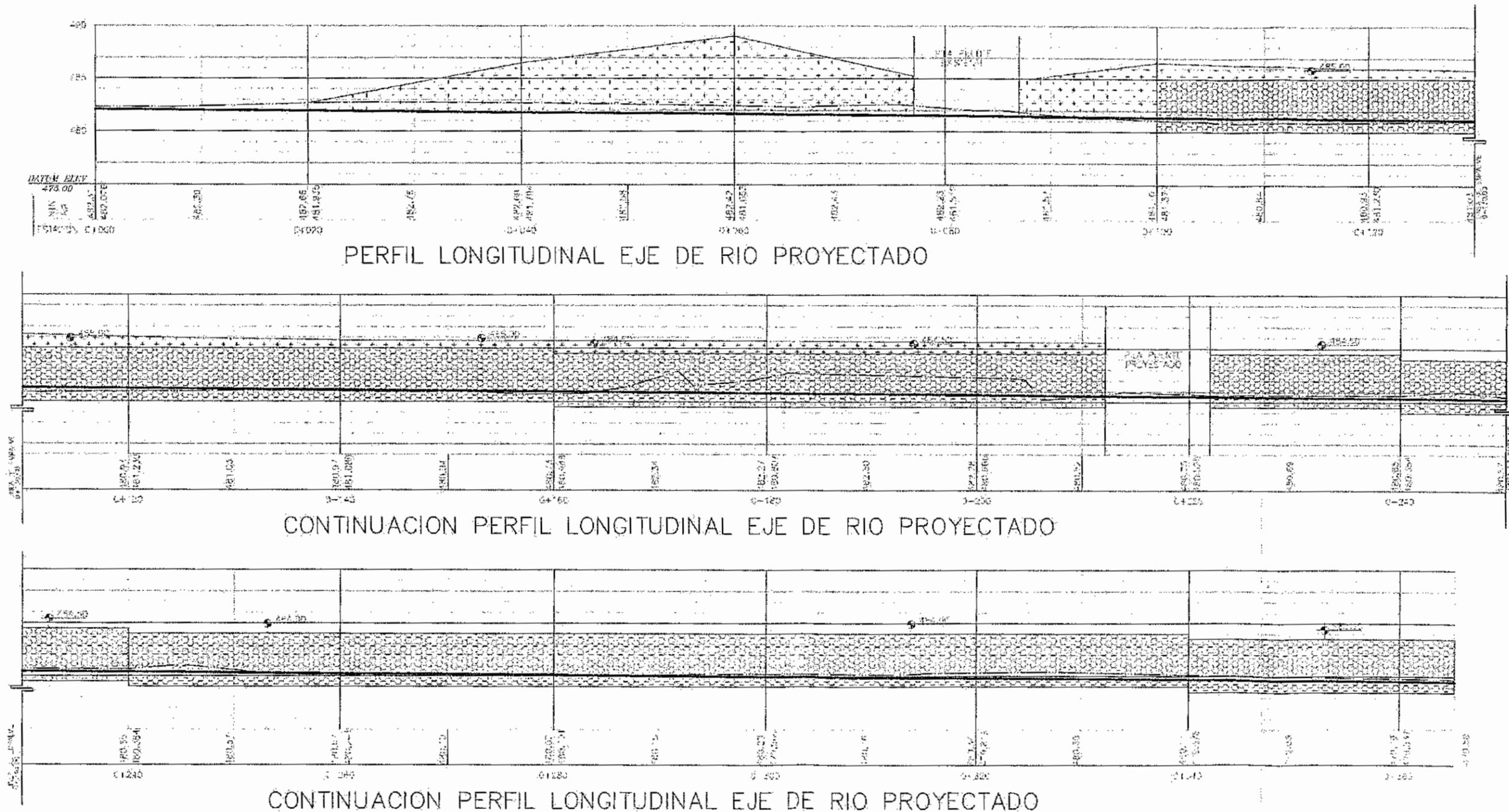


*Puente Colapsado*

Del levantamiento topográfico efectuado se elaboro el perfil longitudinal del cauce, que muestra las características topográficas del eje del cauce, información necesaria para los cálculos hidráulicos.

En la siguiente figura se muestra el perfil longitudinal.

Figura No. 4: Perfil longitudinal del cauce



**2.10 CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DE PASO NECESARIA**

Luego de ingresar los parámetros característicos del cauce al programa computacional Hec-Ras descrito anteriormente y teniendo en cuenta las consideraciones presentadas en este documento, se modelaron distintas alternativas con el objeto de encontrar la sección de puente que mejor se ajuste a las condiciones hidráulicas del cauce sin interrumpir el normal escurrimiento de las aguas.

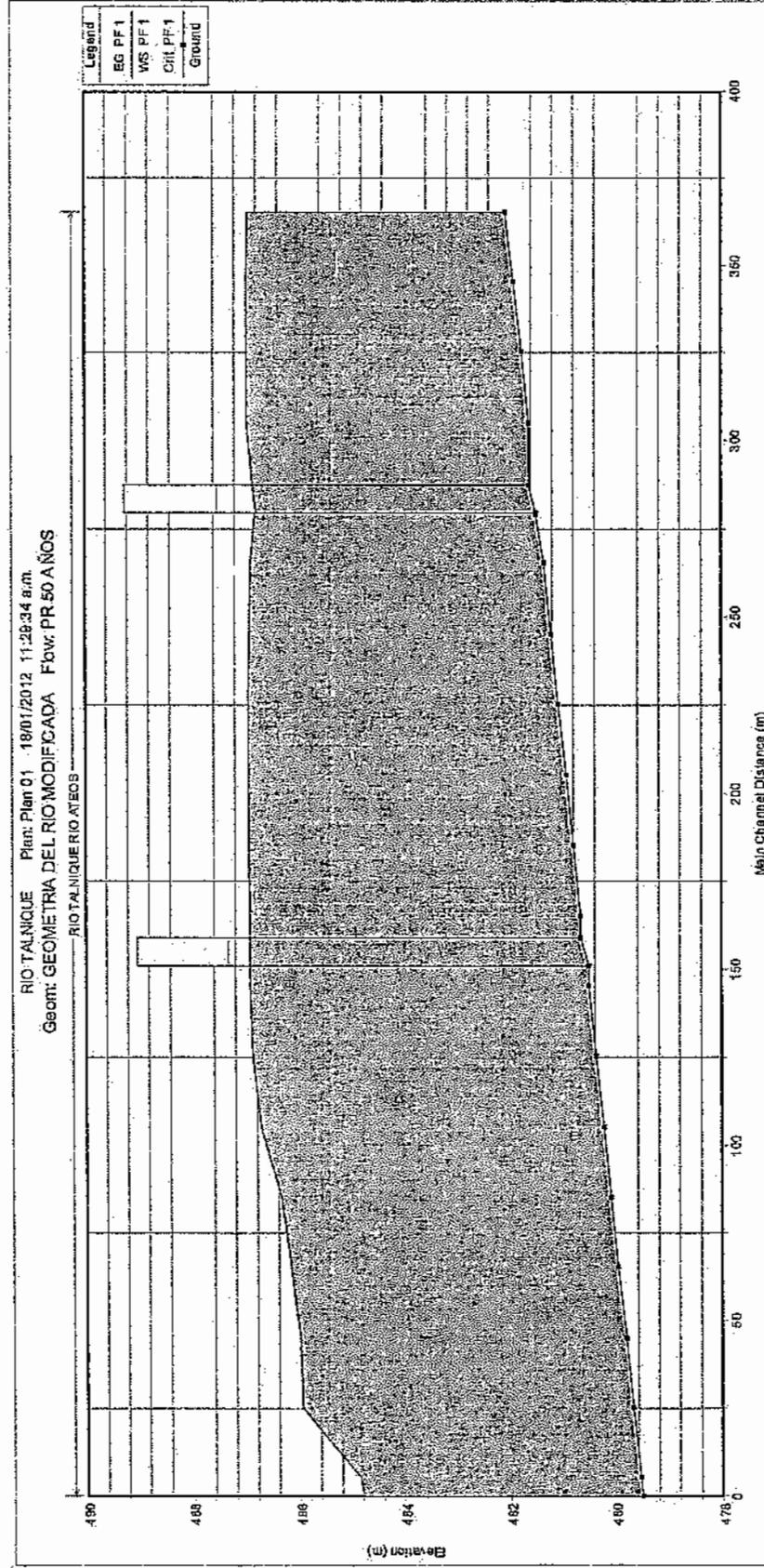
En la siguiente tabla se muestran los resultados para Período de Retorno de 50 y 100 años.

Periodo de retorno	Puente	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel de Aguas m.s.n.m.	Nivel del fondo m.s.n.m	Tirante	Nivel inferior de la viga del Puente	Tirante libre	Velocidad máxima del flujo (m/s)
50	Proyectado	826.18	486.90	480.67	6.23	487.32	0.42	2.03
100	Proyectado	903.63	487.22	480.67	6.55	487.32	0.10	2.11

En las siguientes figuras se puede observar gráficamente los resultados obtenidos con Hec-Ras y caudales de diseño asociado a su periodo de retorno (TR).

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

*Figura No. 5: Perfil longitudinal en la sección de cruce para TR 50 años*



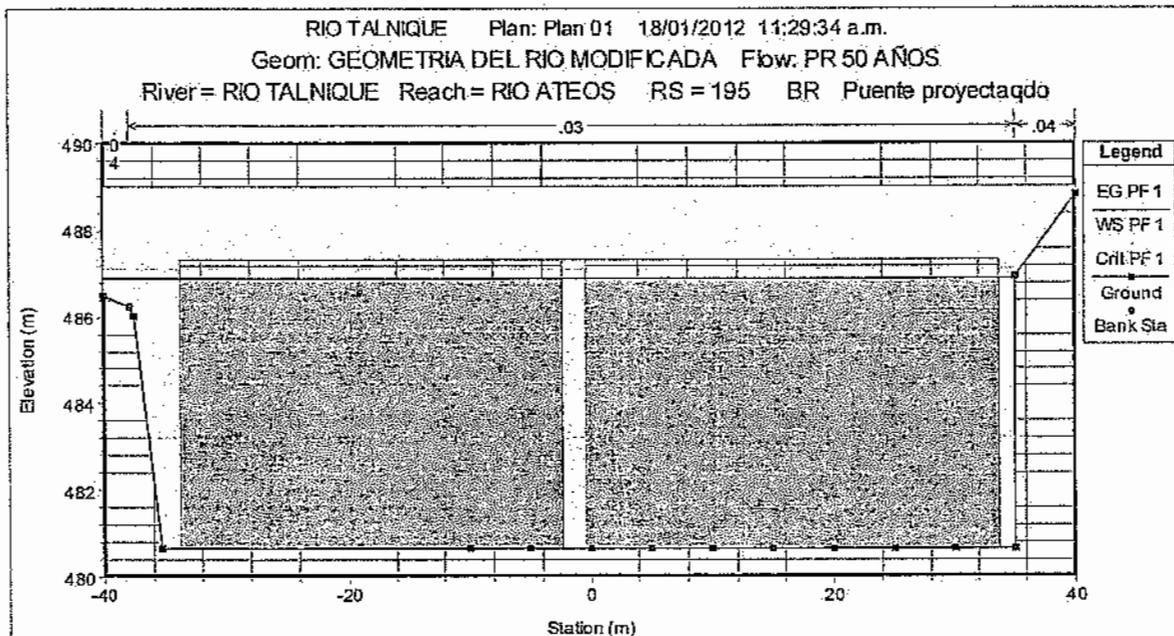
ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RIO  
TALNIQUE, RUTA CA-08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

En la siguiente figura se observa la sección del puente proyectado justo antes del ingreso. Se recuerda al lector que se encuentra siempre observando en sentido de avance del flujo.

**Figura No. 6:** Sección transversal de Entrada del puente proyectado



## **2.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **2.11.1 Conclusiones**

Del análisis hidráulico se puede concluir que el estrangulamiento que sufre el Río aguas abajo del Puente proyectado genera que el agua se remanse hacia aguas arriba, haciendo que el nivel del agua suba acercándose a la cuerda inferior del Puente, dejando un bordo libre de 0.42m para una tormenta con un Periodo de retorno de 50 años y de 0.10m para una tormenta con un Periodo de Retorno de 100 años. En ambos casos, el borde libre es demasiado poco, poniendo en riesgo el puente de que pueda sufrir nuevamente un colapso debido a una crecida.

Otra consecuencia del estrangulamiento es que la comunidad alojada en la orilla del río margen izquierda siempre seguirá sufriendo de inundaciones, cuya magnitud será acorde al evento de lluvia que lo produzca.

### **2.11.2 Recomendación**

Se recomienda ampliar el Cauce del Río en 100m de longitud aguas abajo del Puente Proyectado en un ancho aproximado de 60m similar al proyectado aguas arriba; debido al poco espacio que queda entre el nivel inferior de la viga del puente y la superficie del agua en su punto de máxima crecida.

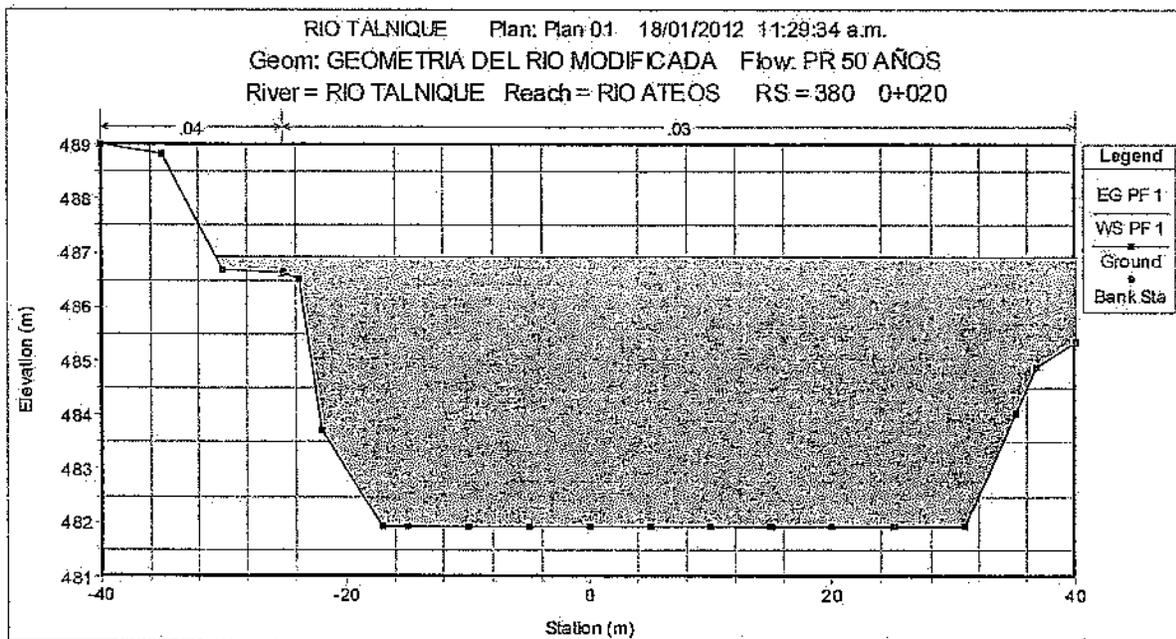
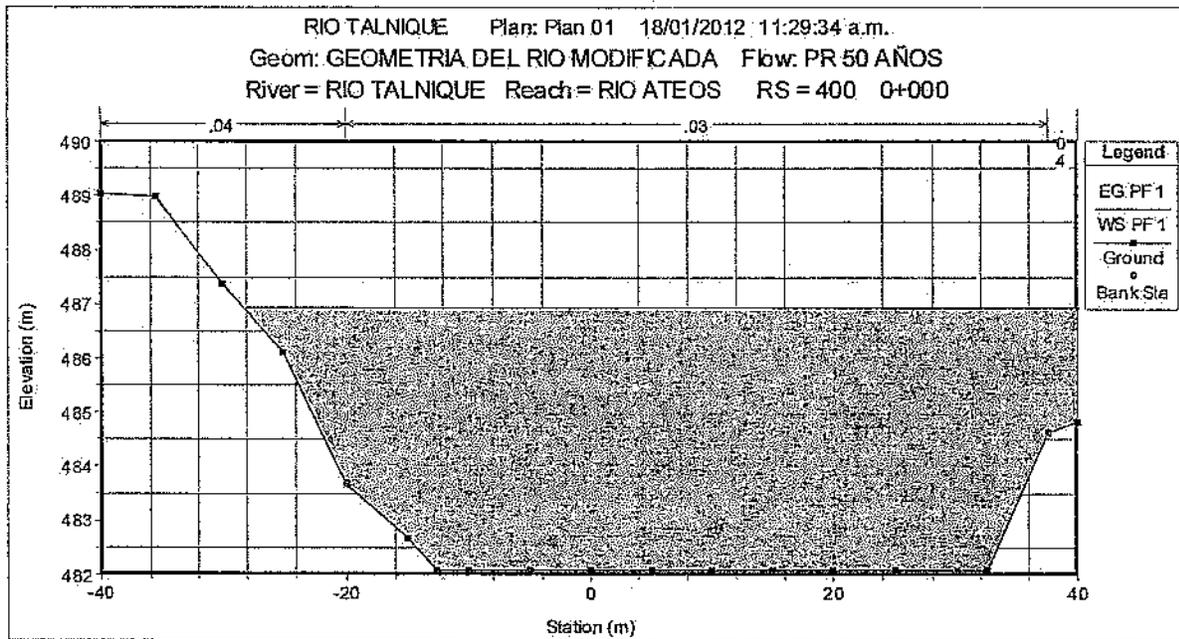
**PERIODO DE  
RETORNO DE  
50 AÑOS**

# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

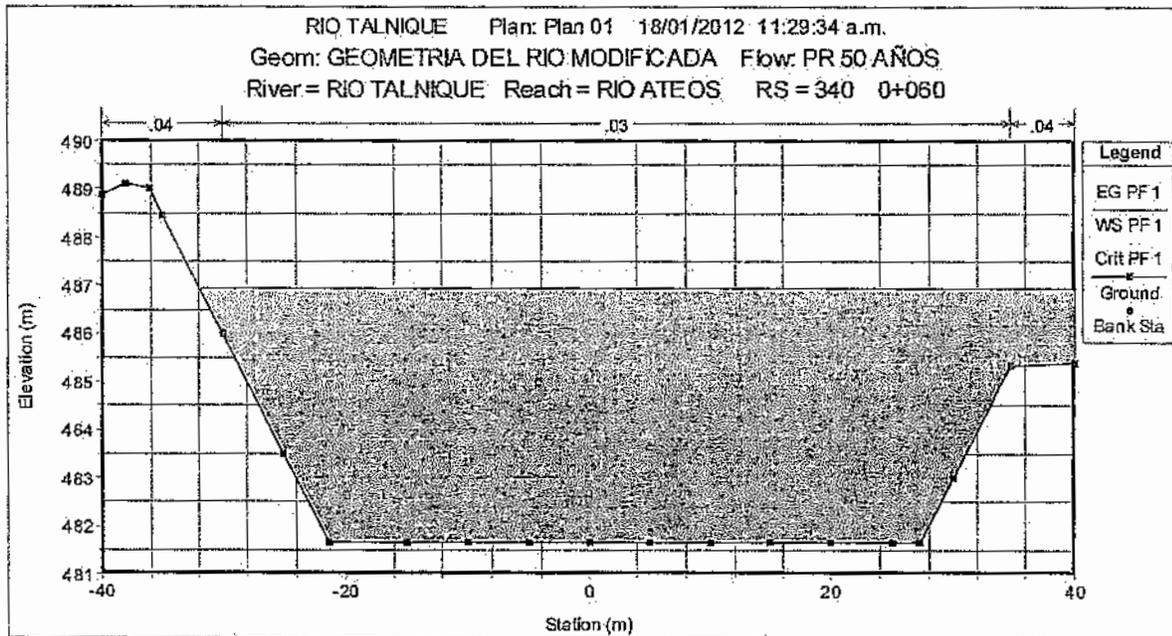
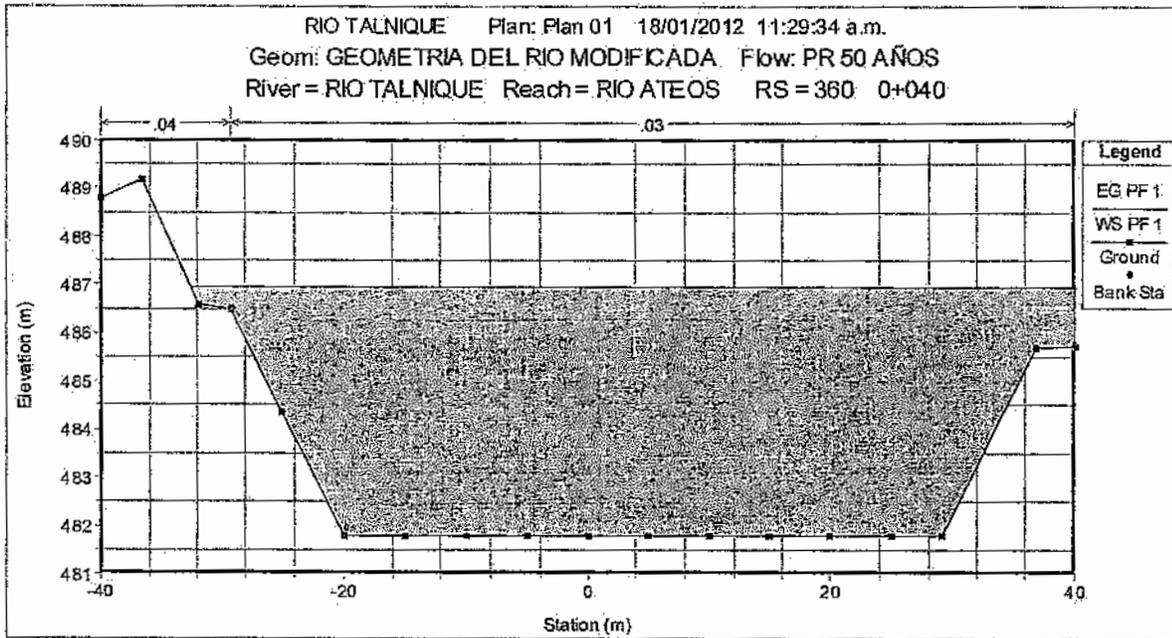
### 2.12 RESULTADOS DEL CÁLCULO.

#### 2.12.1 PERIODO DE RETORNO PARA 50 AÑOS



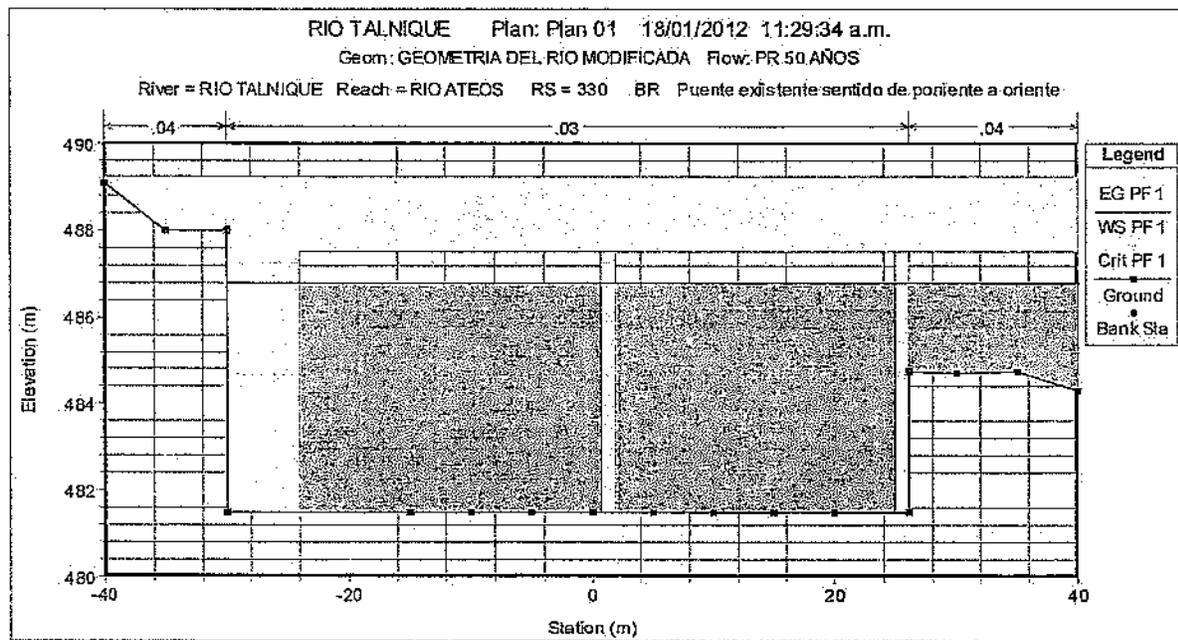
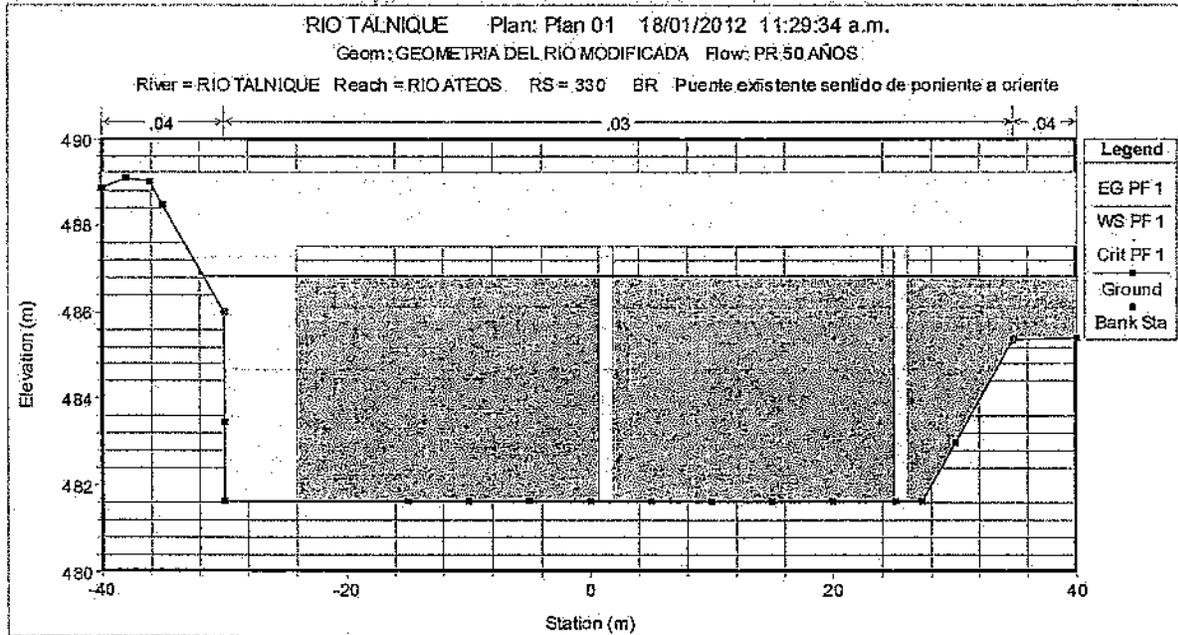
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

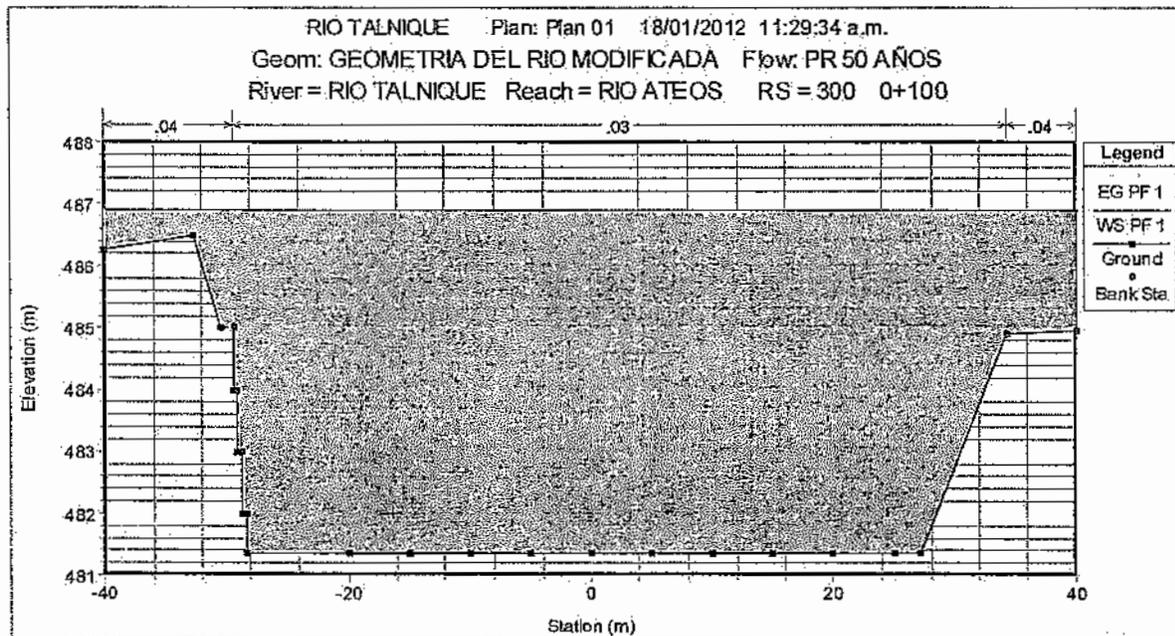
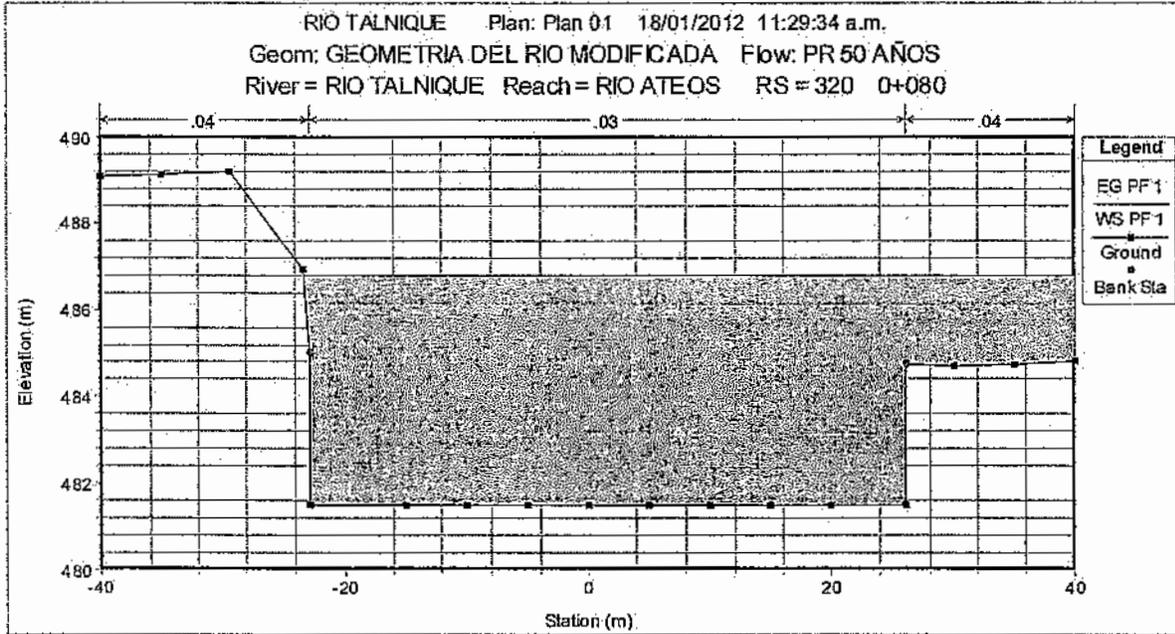


# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

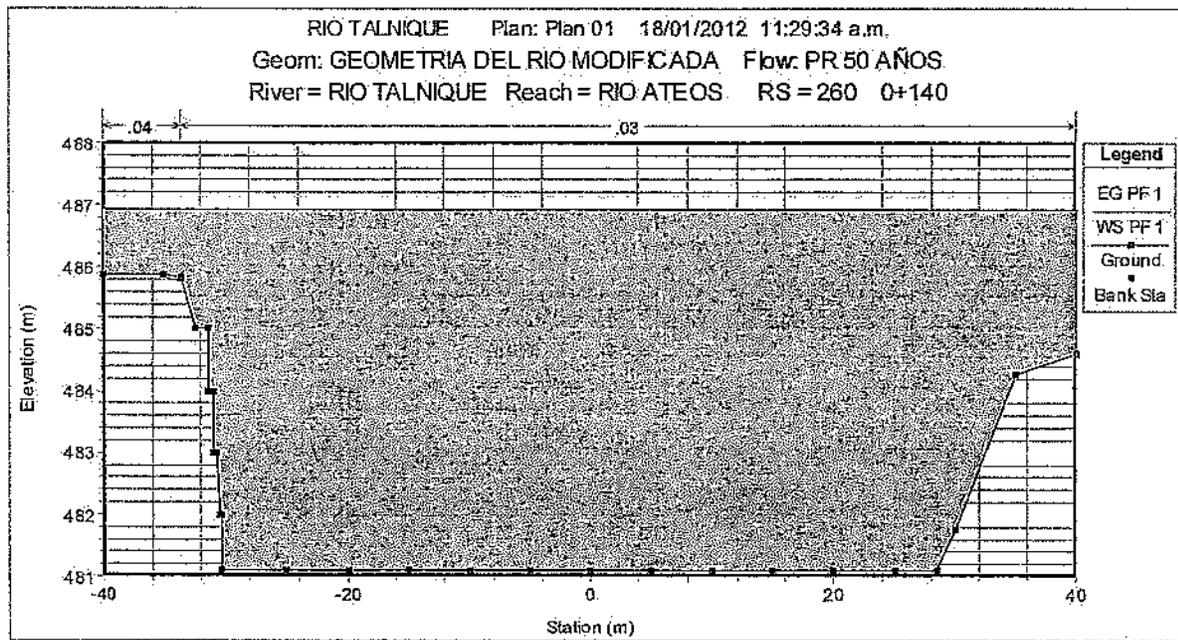
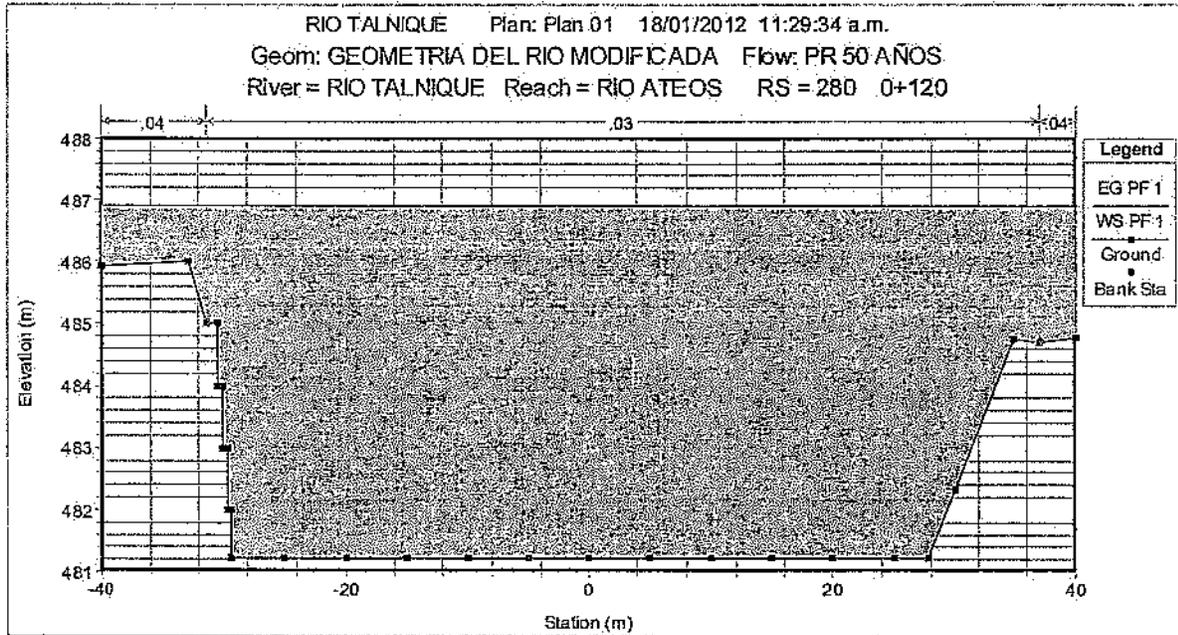
## INGENIEROS CONSULTORES



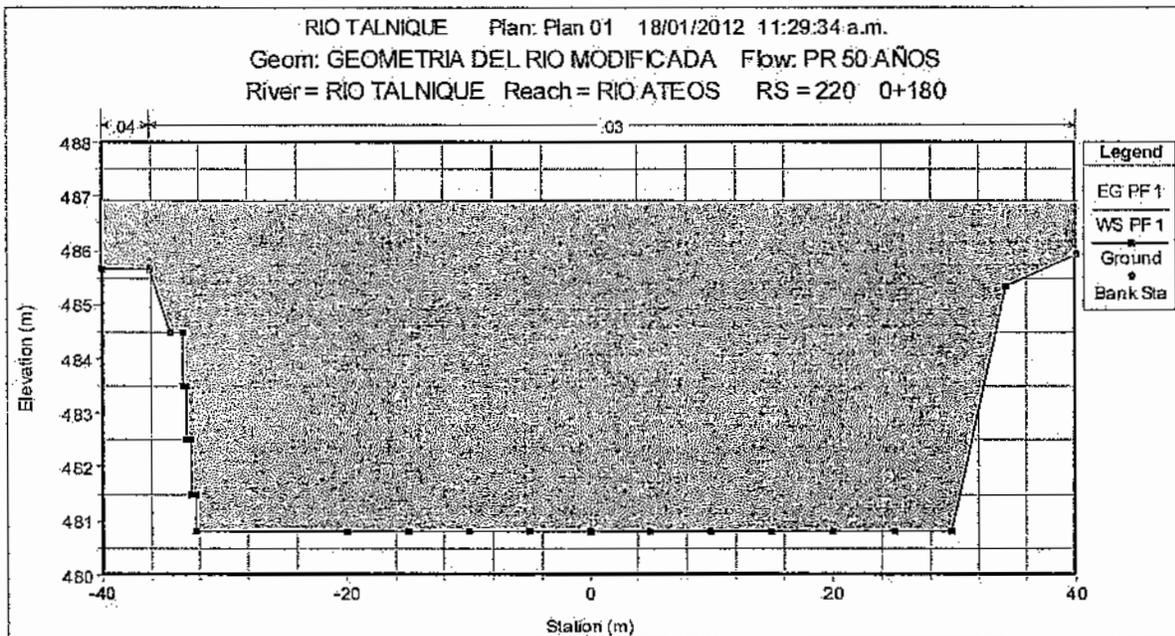
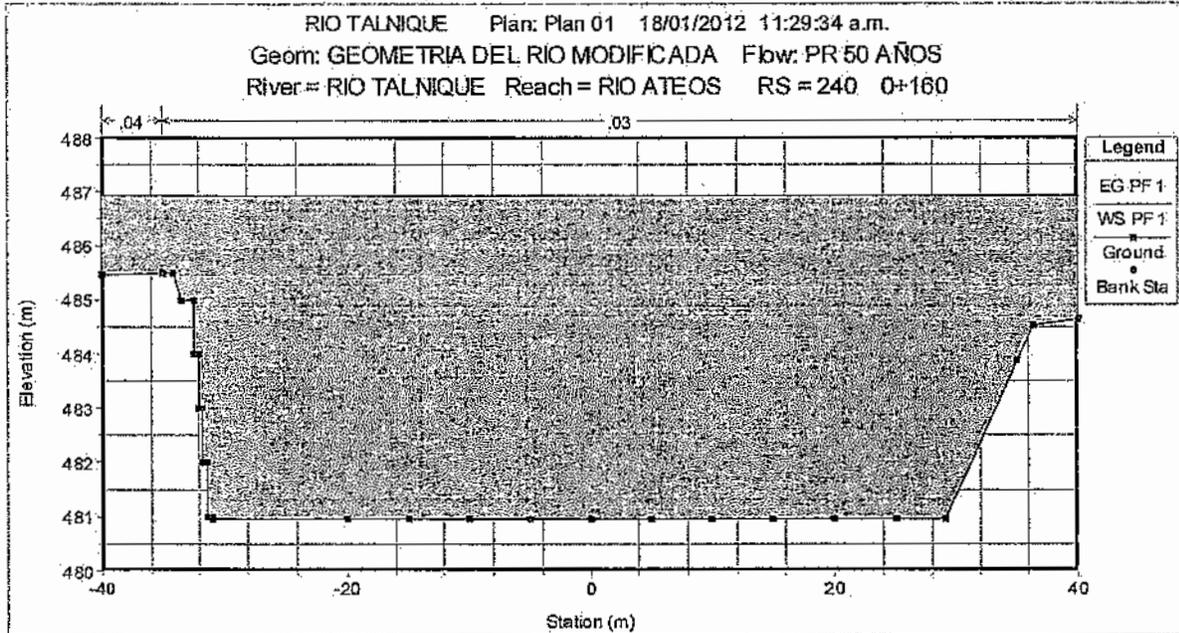
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

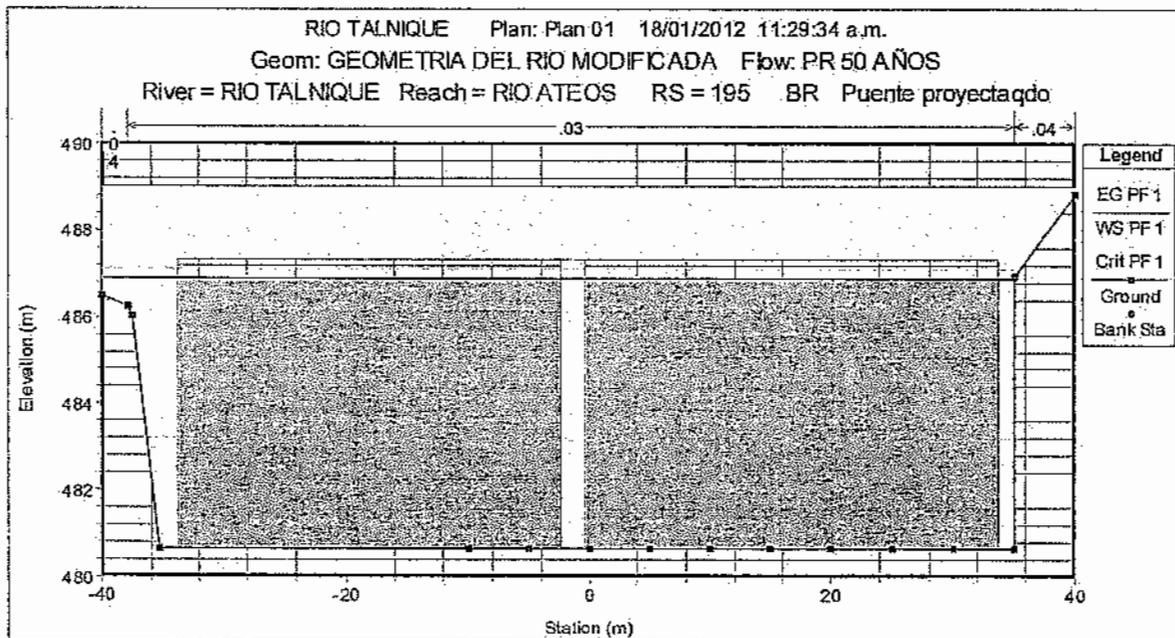
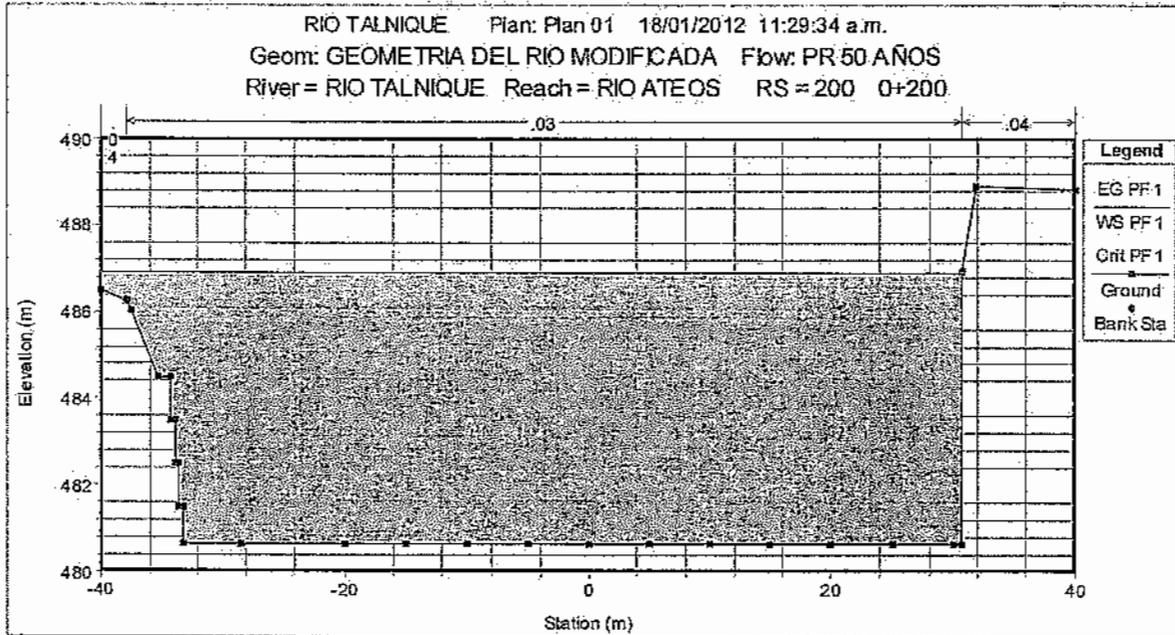


**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



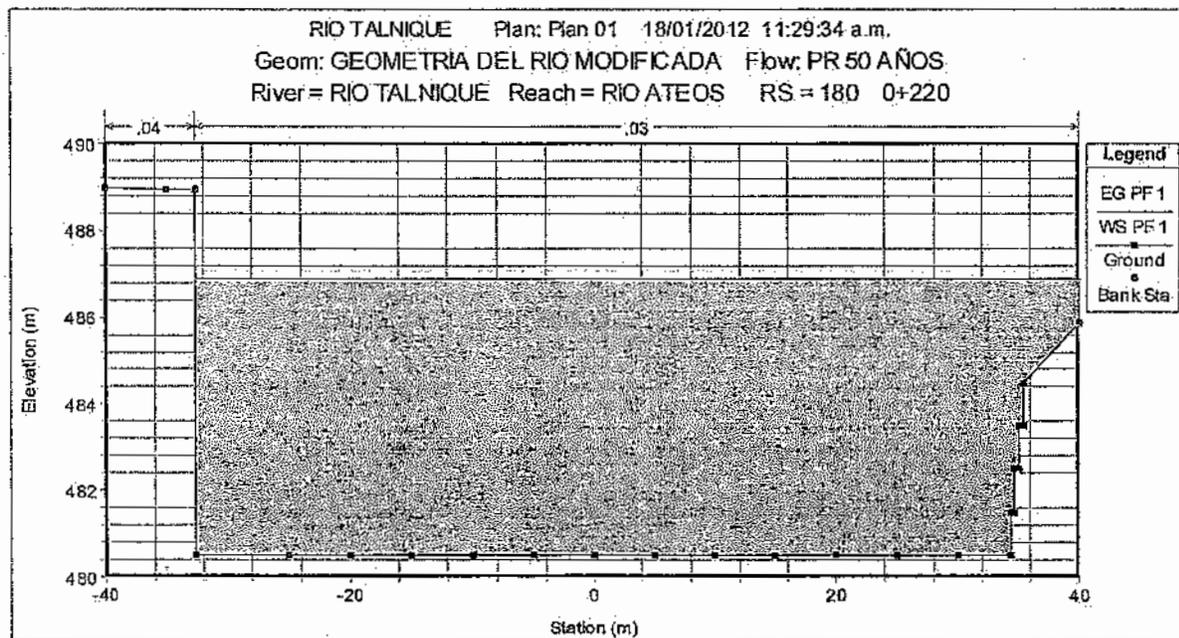
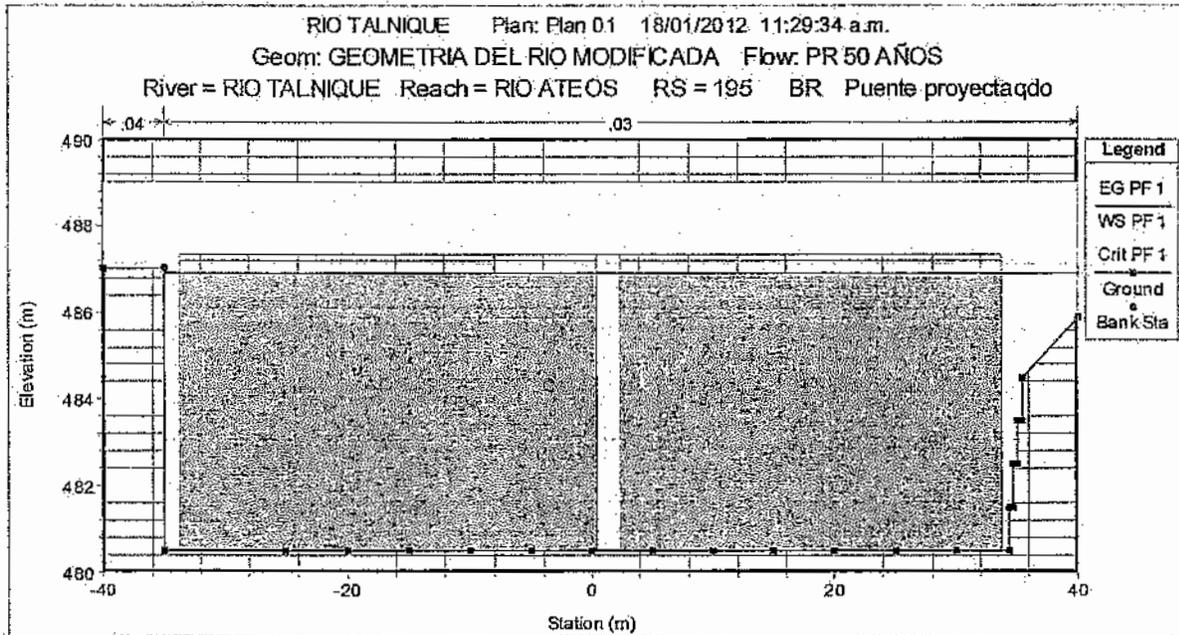
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES



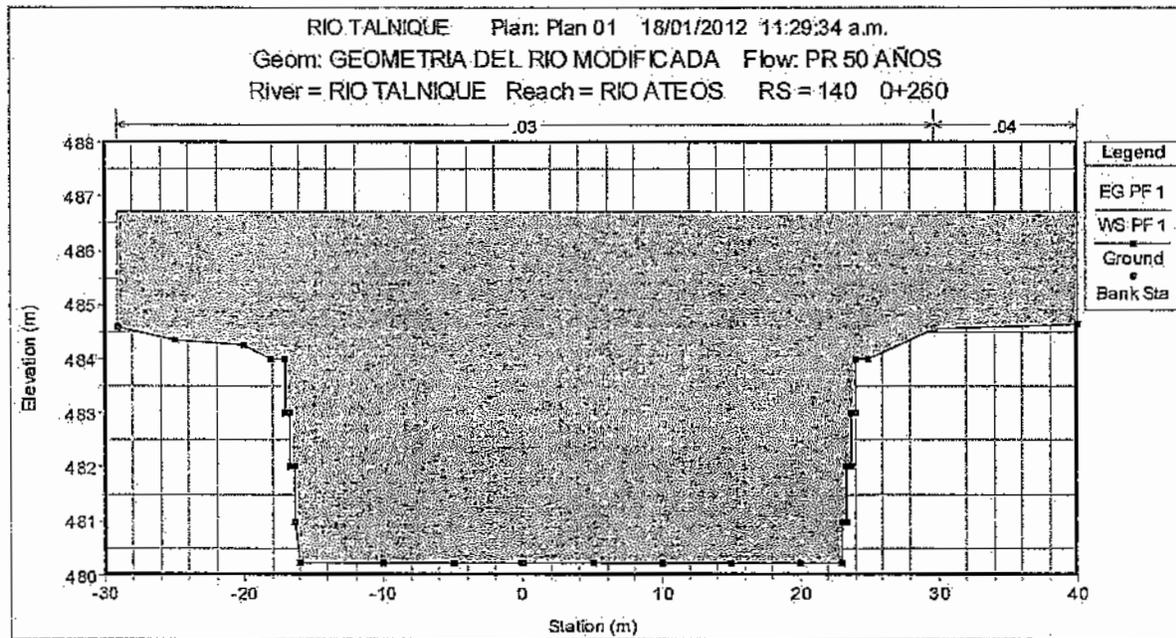
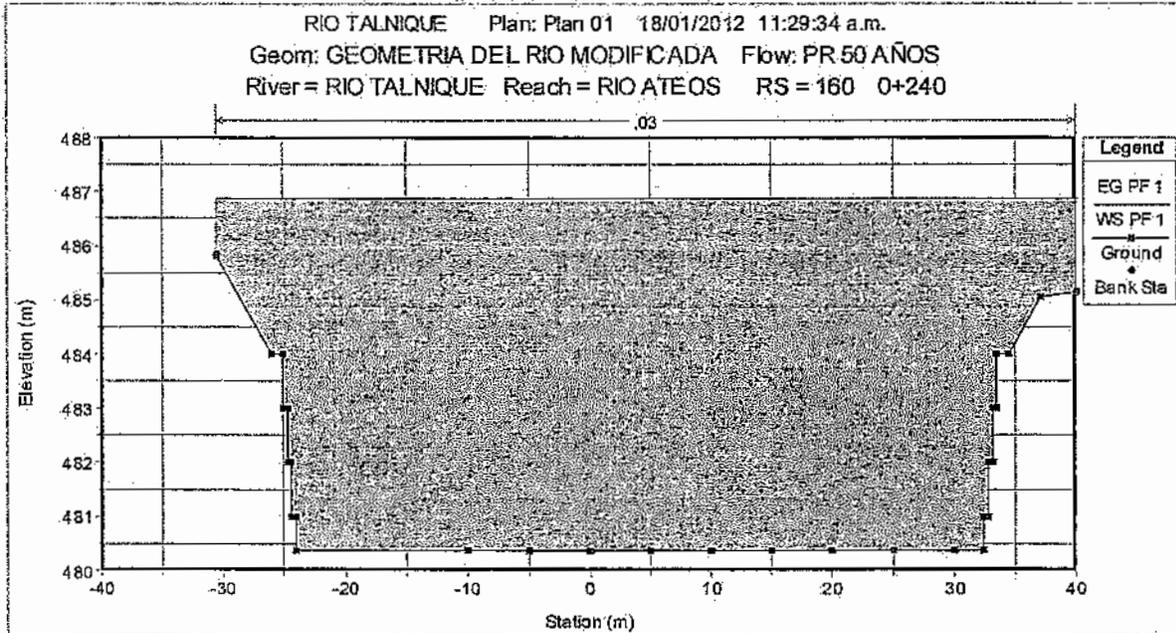
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

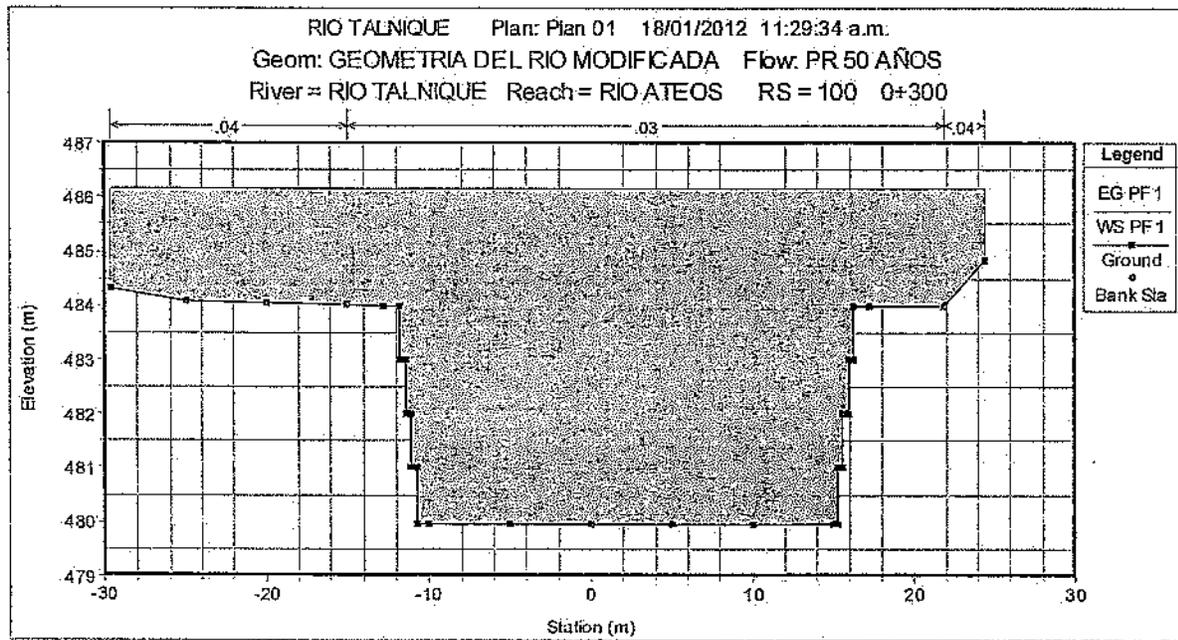
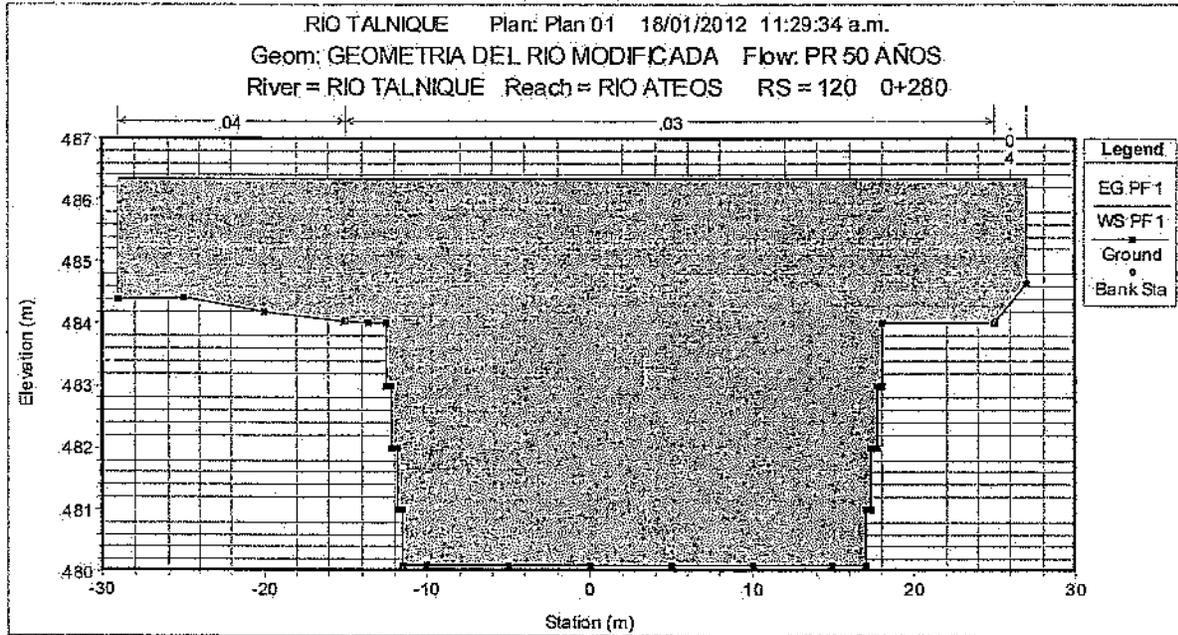


# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

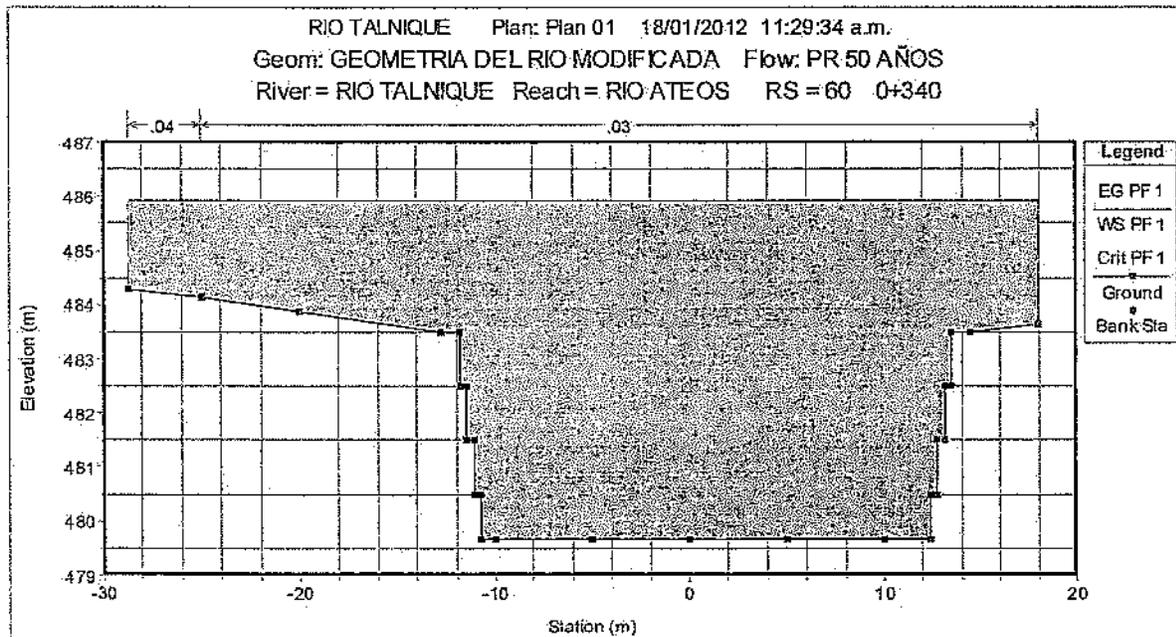
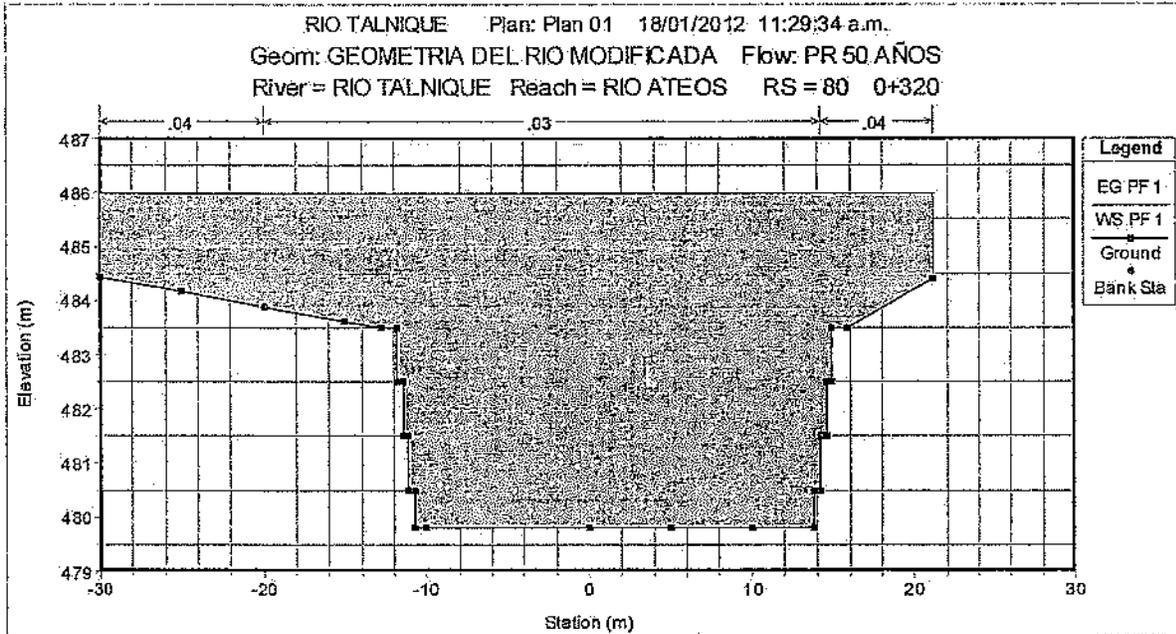


**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



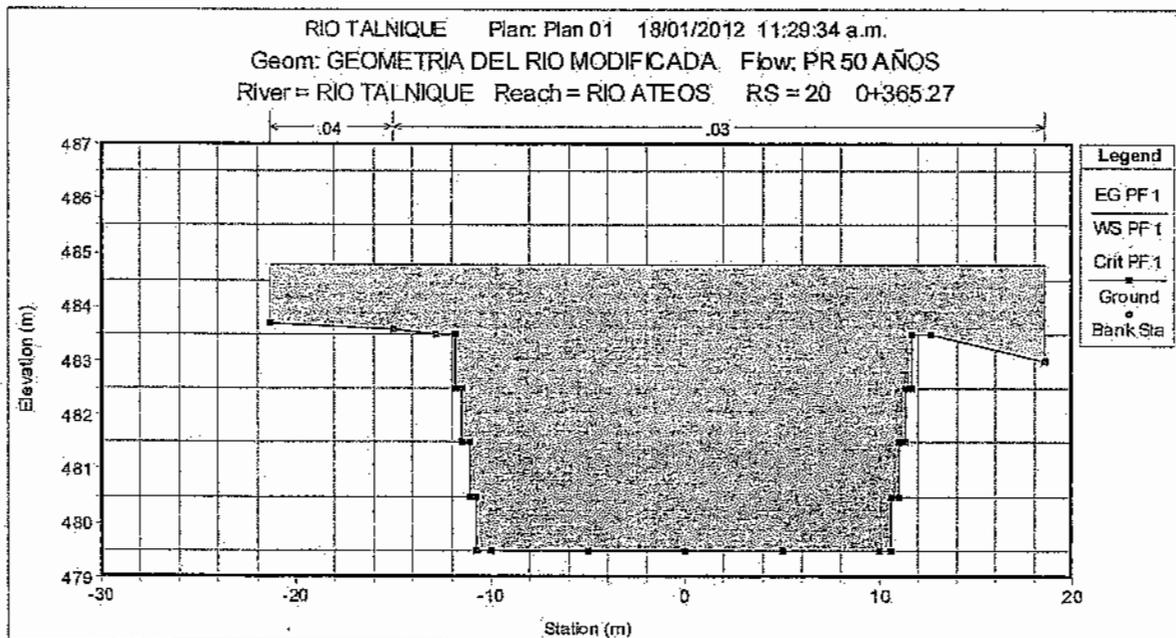
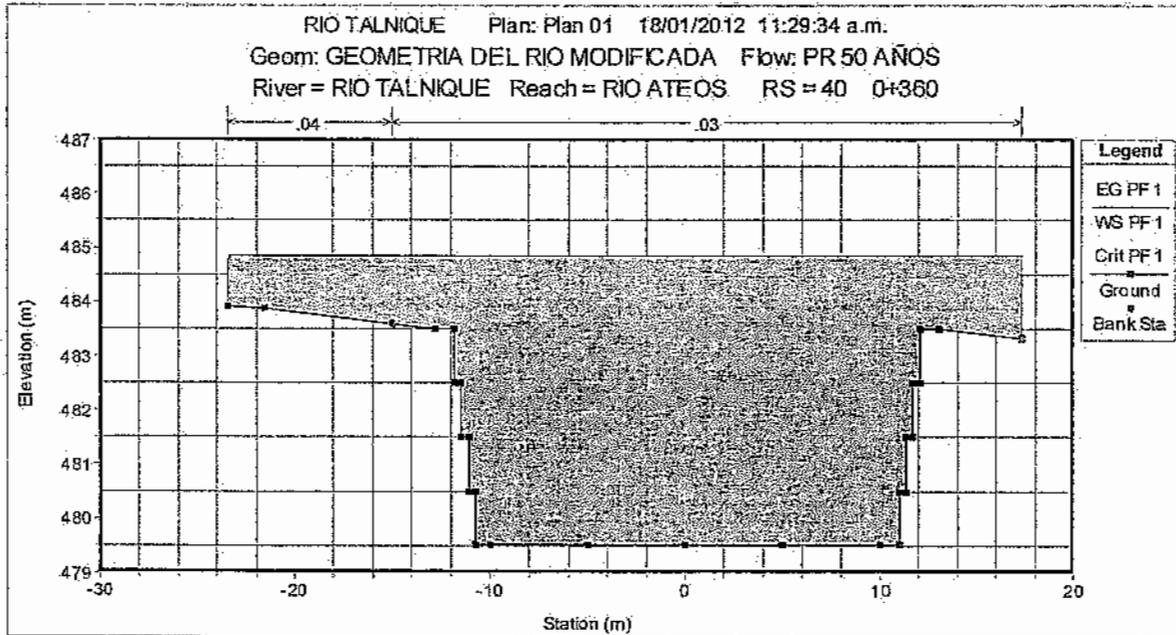
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES



# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES



# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

**Tabla 1: Resultados Hidráulicos obtenidos con Hec-Ras.**

Reach	River Sta	Profile	Q <sub>Total</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El. (m)	W.S. Elev. (m)	Crit. W.S. (m)	E.G. Elev. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl. (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl.
RIO ATEOS	400	PF-1	826.18	482.08	486.93		487.39	0.001097	3.04	283.34	68.24	0.45
RIO ATEOS	380	PF-1	826.18	481.94	486.94		487.35	0.001083	2.85	291.1	70.57	0.43
RIO ATEOS	360	PF-1	826.18	481.79	486.95		487.32	0.000941	2.68	309.14	72.5	0.41
RIO ATEOS	340	PF-1	826.18	481.65	486.95	484.6	487.3	0.000807	2.64	319.43	71.91	0.38
RIO ATEOS	330		Bridge									
RIO ATEOS	320	PF-1	826.18	481.51	486.78		487.25	0.001099	3.07	286.33	63.31	0.43
RIO ATEOS	300	PF-1	826.18	481.37	486.89		487.19	0.00062	2.41	356.85	80	0.33
RIO ATEOS	280	PF-1	826.18	481.23	486.91		487.16	0.000539	2.25	377.97	80	0.31
RIO ATEOS	260	PF-1	826.18	481.09	486.92		487.14	0.000487	2.11	397.38	80	0.29
RIO ATEOS	240	PF-1	826.18	480.95	486.92		487.13	0.000432	2.01	415.48	80	0.28
RIO ATEOS	220	PF-1	826.18	480.81	486.92		487.12	0.000419	1.99	418.62	80	0.27
RIO ATEOS	200	PF-1	826.18	480.67	486.9	483.24	487.11	0.000411	2.02	409.87	70.63	0.26
RIO ATEOS	195		Bridge									
RIO ATEOS	180	PF-1	826.18	480.52	486.91		487.09	0.000348	1.87	440.97	72.66	0.24
RIO ATEOS	160	PF-1	826.18	480.38	486.87		487.08	0.00045	2.06	402	70.56	0.27
RIO ATEOS	140	PF-1	826.18	480.24	486.71		487.06	0.000844	2.63	327.22	69.13	0.37
RIO ATEOS	120	PF-1	826.18	480.1	486.32		487	0.001764	3.73	240.84	55.96	0.52
RIO ATEOS	100	PF-1	826.18	479.96	486.15		486.95	0.002222	4.08	222.35	53.93	0.58
RIO ATEOS	80	PF-1	826.18	479.82	485.98		486.89	0.002326	4.36	211.01	51.19	0.61
RIO ATEOS	60	PF-1	826.18	479.68	485.93	484.83	486.84	0.002868	4.23	199.36	46.63	0.64
RIO ATEOS	40	PF-1	826.18	479.54	484.85	484.85	486.66	0.006869	6.02	143.36	40.73	0.94
RIO ATEOS	20	PF-1	826.18	479.5	484.79	484.79	486.62	0.007255	6.04	141.6	39.81	0.96

ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RIO  
TALNIQUE, RUTA CA-08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA JUBERTAD

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

*Tabla 2: Resultados Hidráulicos obtenidos con Hec-Ras.*

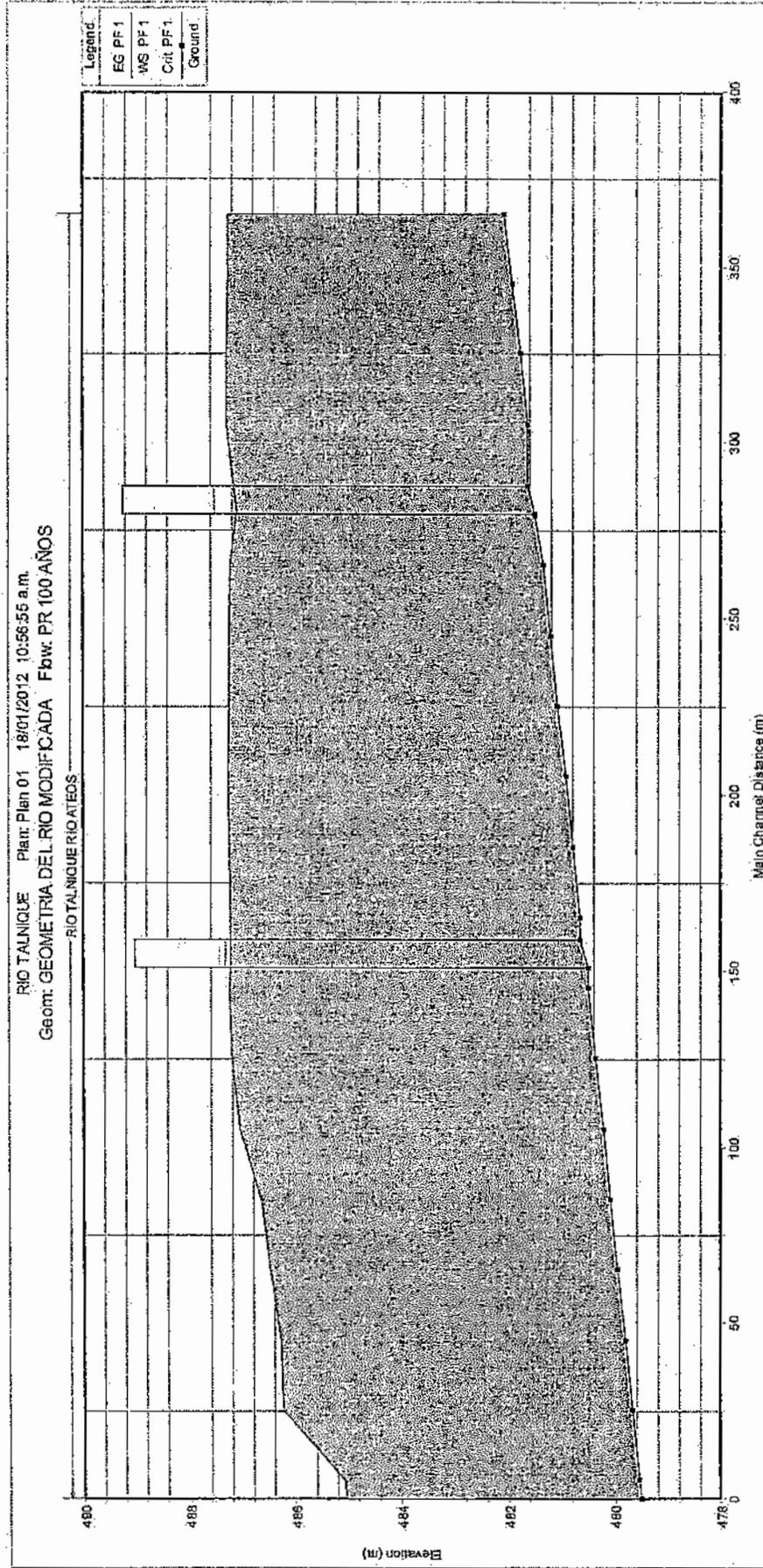
Plan: CON DOS PUENTES RIO TALNIQUE RIO ATEOS RS: 195 BR U Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	487.11	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.21	Wt. n-Val.		0.03	
W.S. Elev (m)	486.9	Reach Len. (m)	8	8	8
Crit W.S. (m)	483.2	Flow Area (m2)		407.71	
E.G. Slope (m/m)	0.000407	Area (m2)		407.71	
Q Total (m3/s)	826.18	Flow (m3/s)		826.18	
Top Width (m)	65.46	Top Width (m)		65.46	
Vel Total (m/s)	2.03	Avg. Vel. (m/s)		2.03	
Max Chl Dpth (m)	6.23	Hydr. Depth (m)		6.23	
Conv. Total (m3/s)	40962.1	Conv. (m3/s)		40962.1	
Length Wtd. (m)	8	Wetted Per. (m)		77.92	
Min Ch El (m)	480.67	Shear (N/m2)		20.87	
Alpha	1	Stream Power (N/m s)	1915.12	0	0
Frctn Loss (m)	0	Cum Volume (1000 m3)	1.8	41.62	0.92
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	0.97	7.8	0.44

**PERIODO DE  
RETORNO DE  
100 AÑOS**

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**2.12.4 PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS**

*Figura No. 7: Perfil longitudinal en la sección de cruce para TR 100 años*

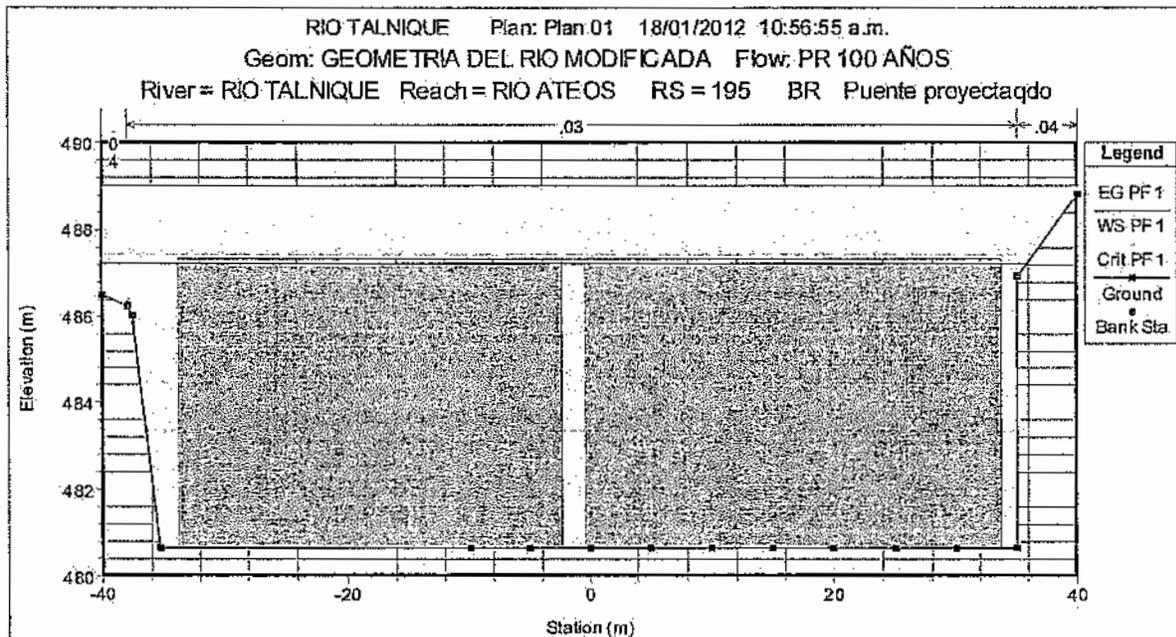


ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RIO  
TALNIQUE, RUTA CA:08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

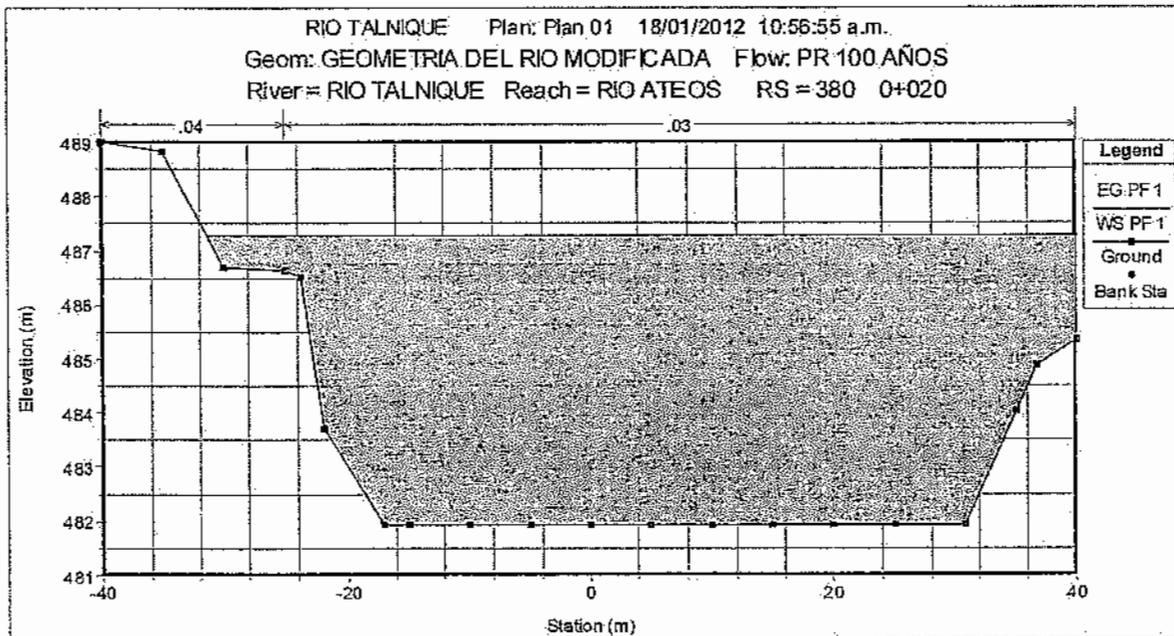
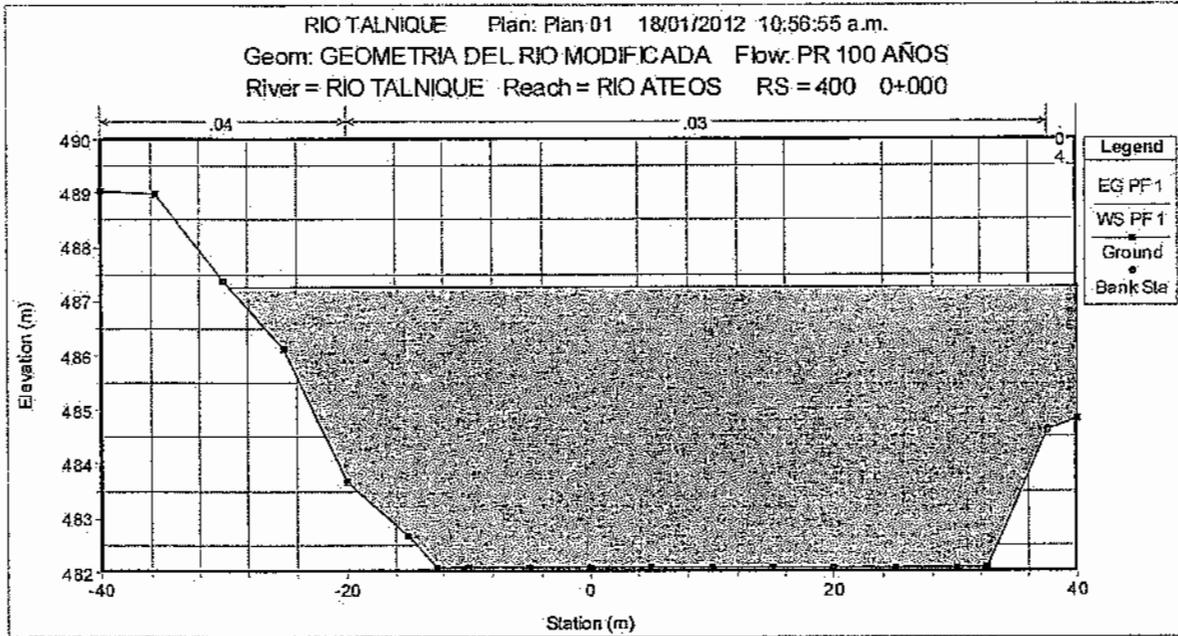
En la siguiente figura se observa la sección del puente proyectado justo antes del ingreso. Se recuerda al lector que se encuentra siempre observando en sentido de avance del flujo.

*Figura No. 8: Sección transversal de Entrada del puente proyectado*



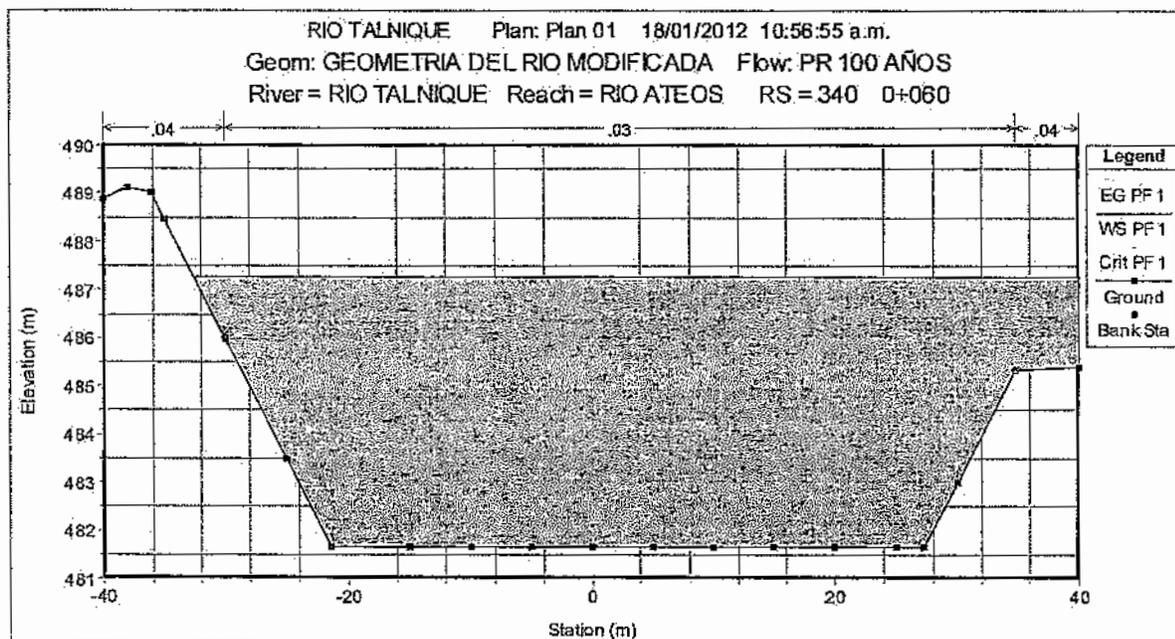
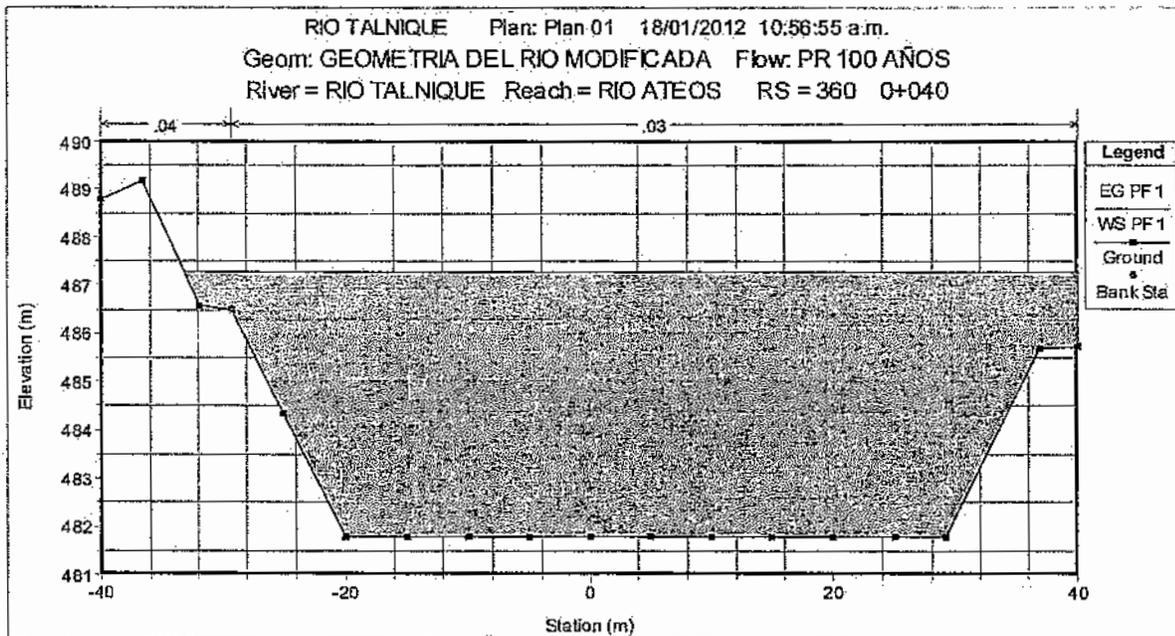
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES



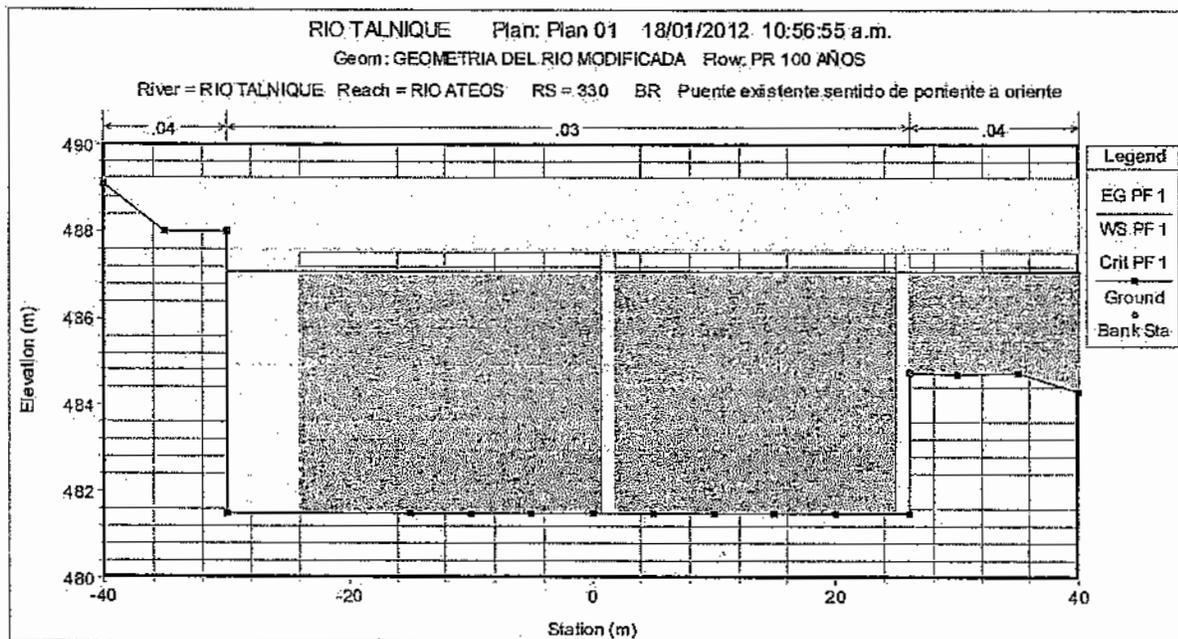
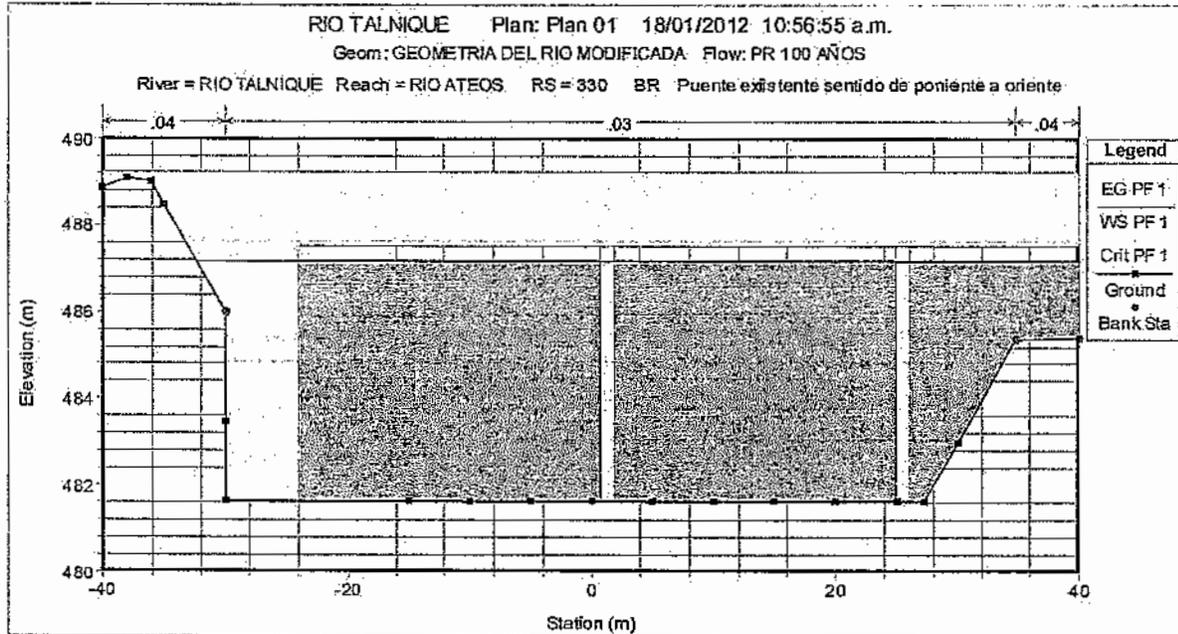
# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES

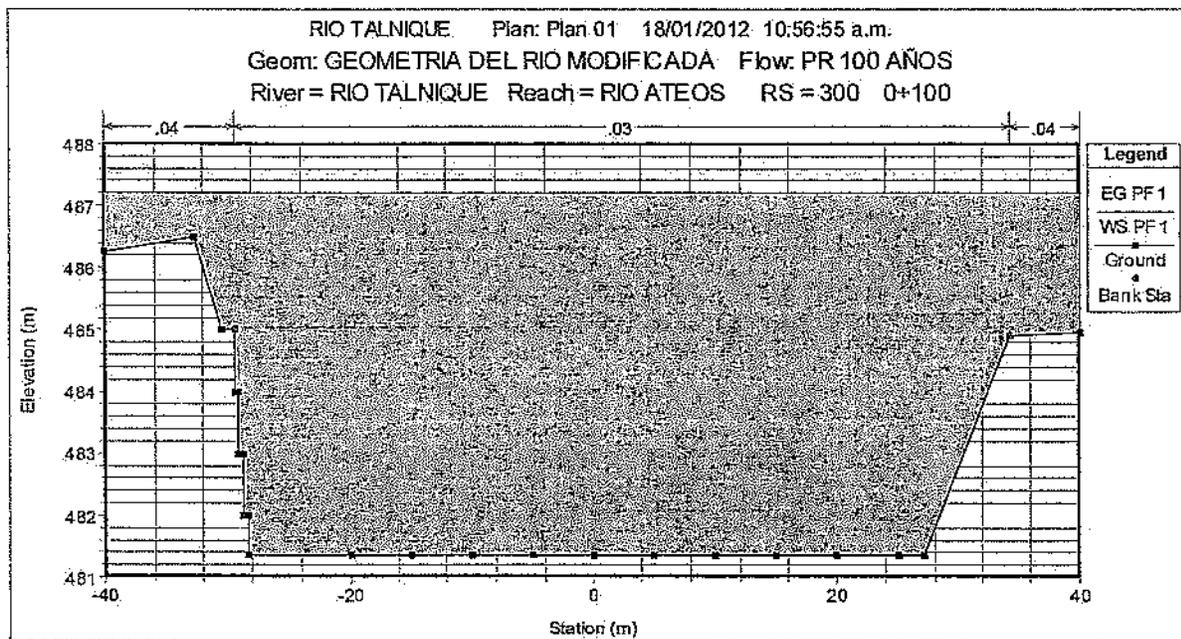
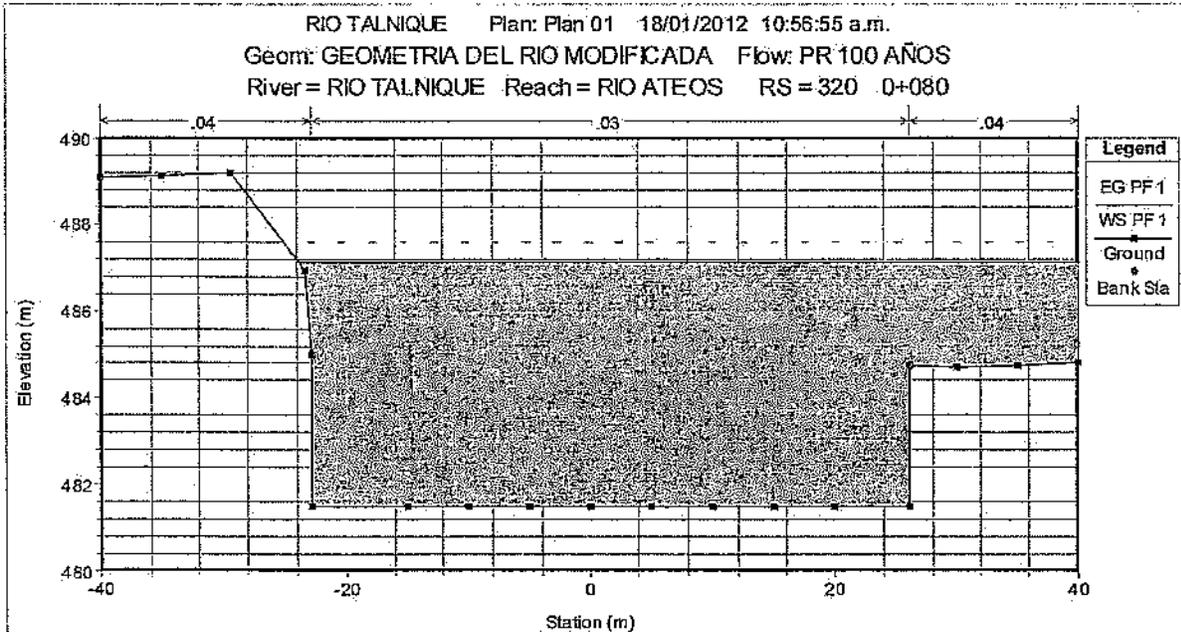


# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

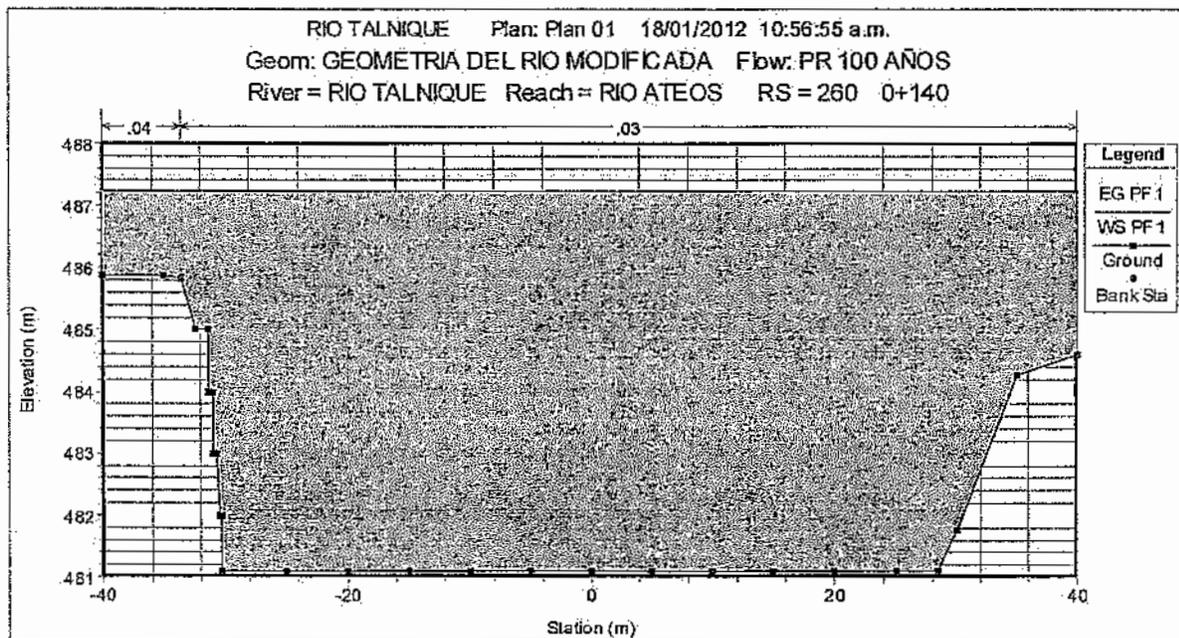
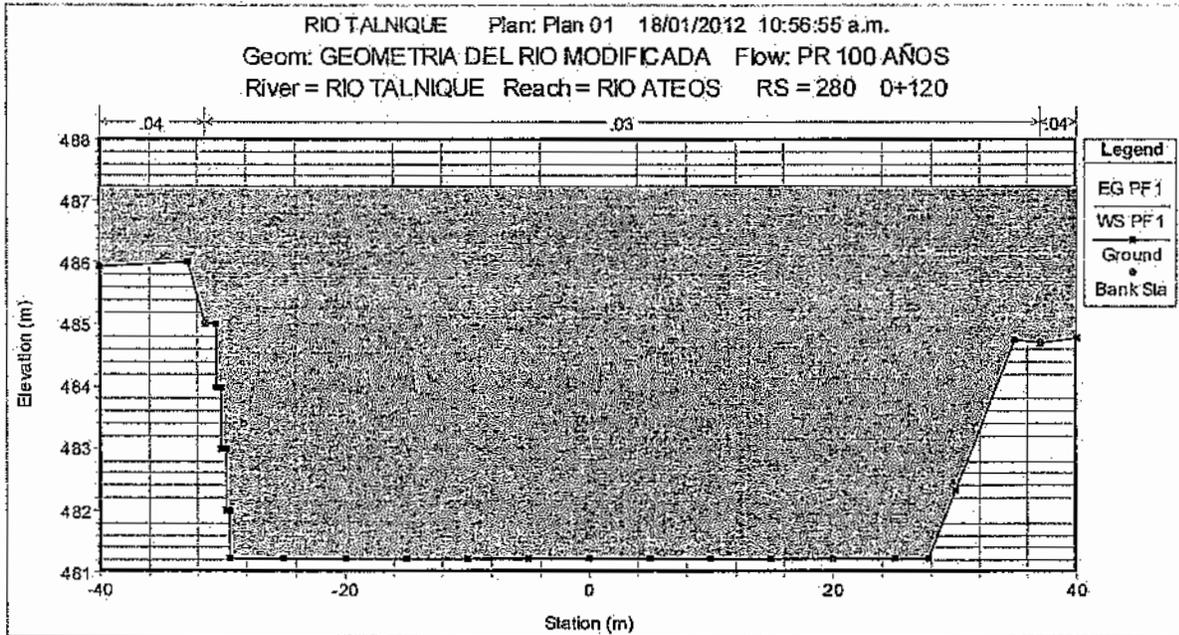
## INGENIEROS CONSULTORES



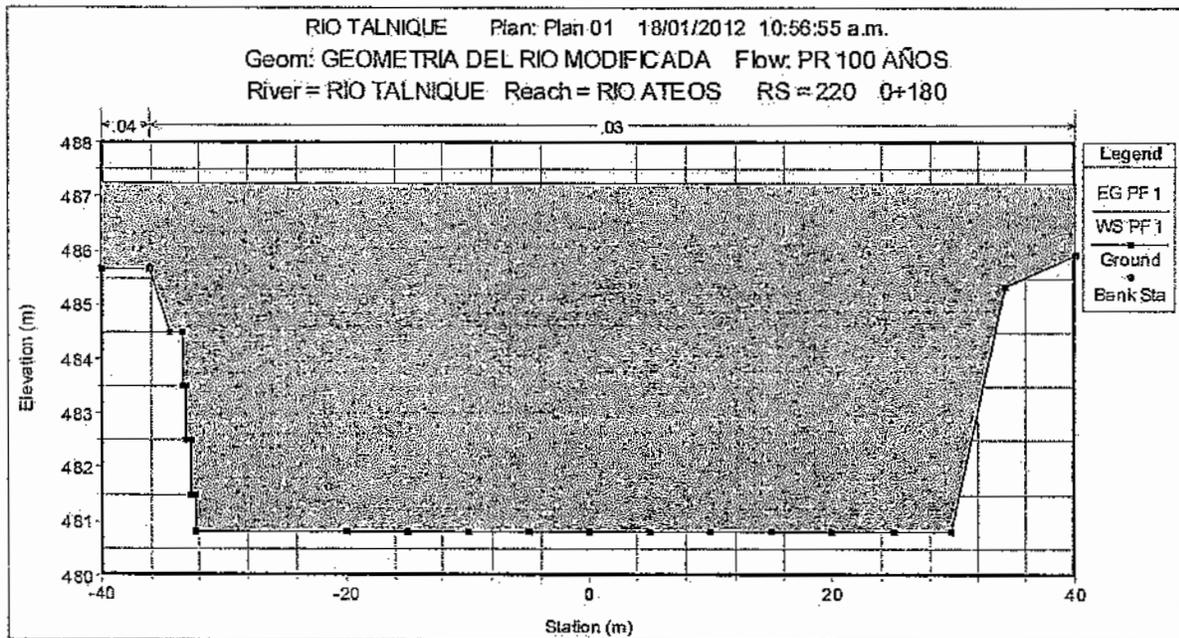
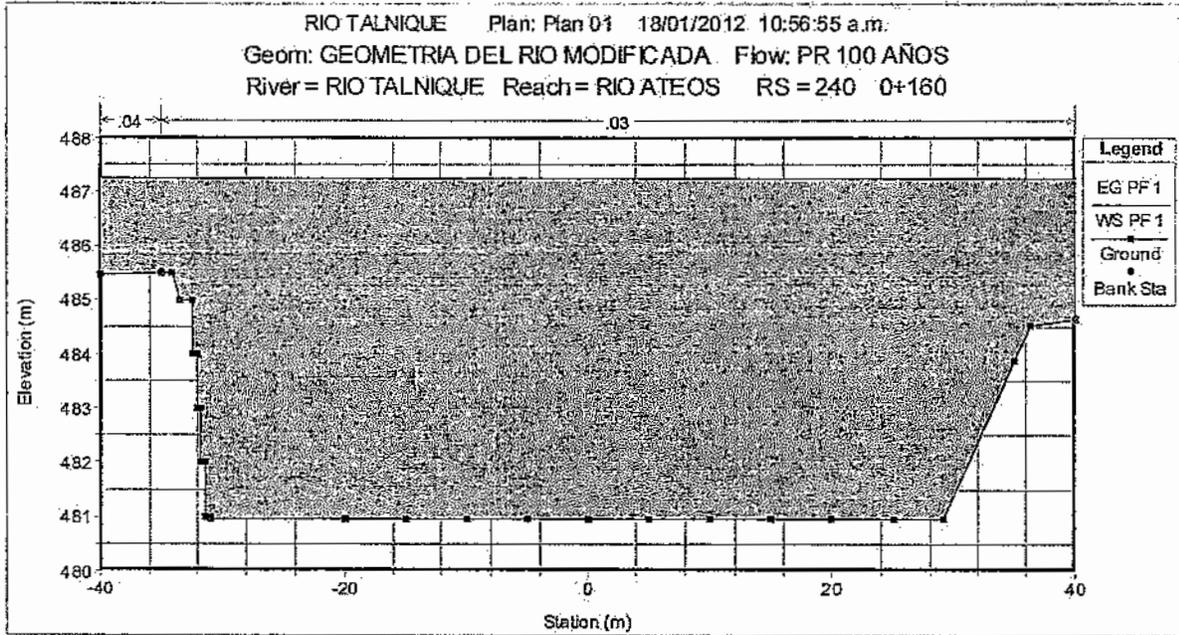
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



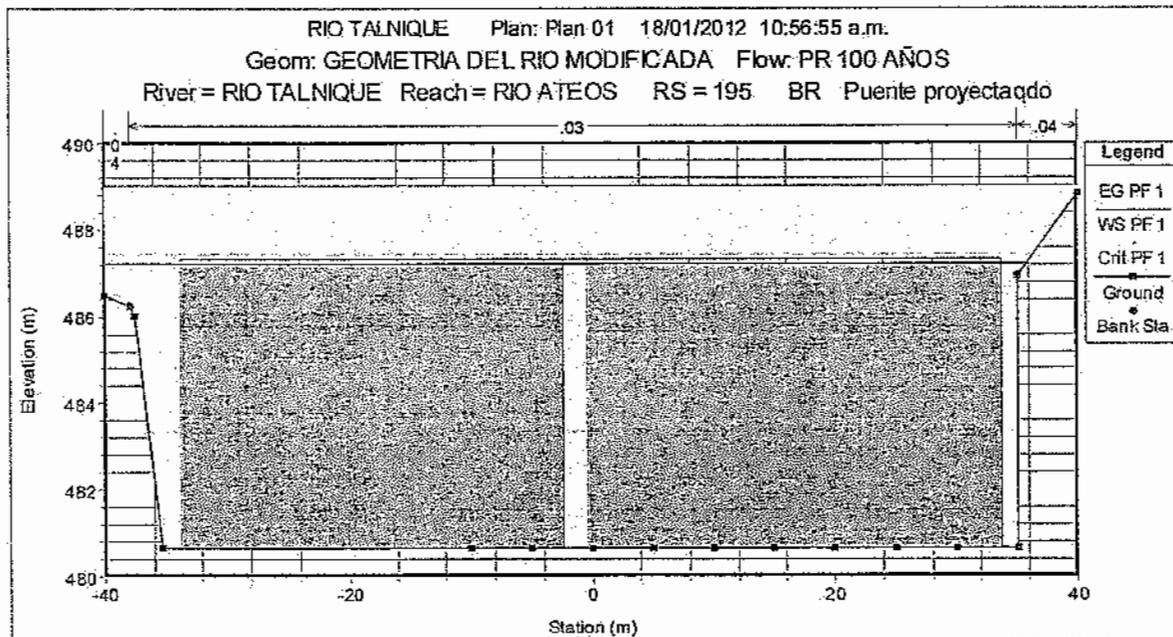
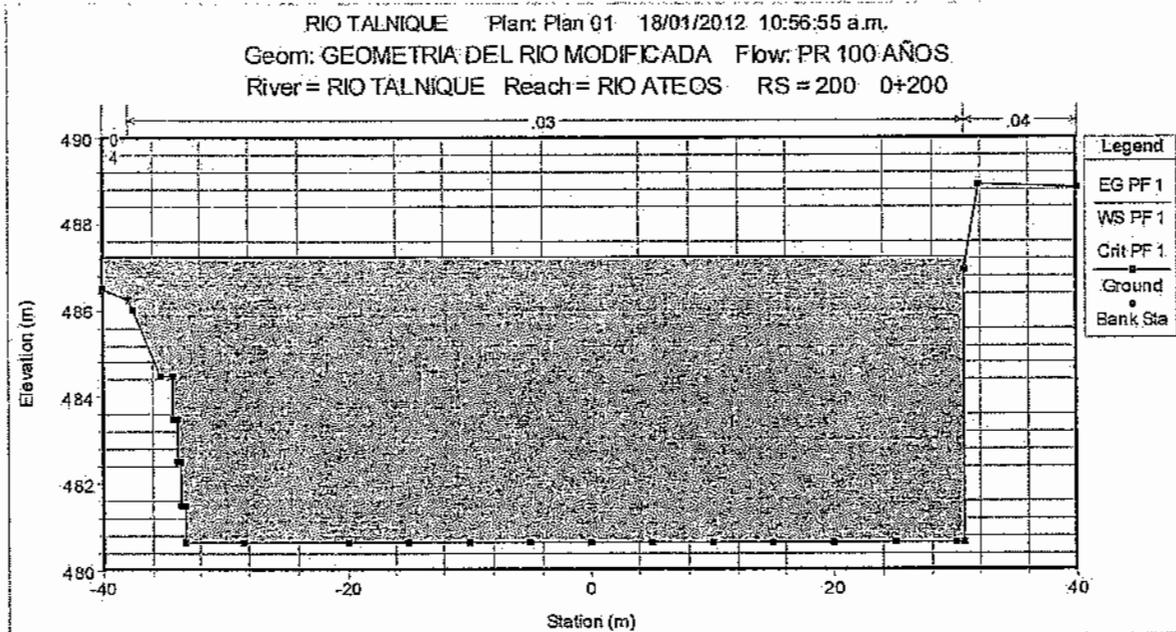
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



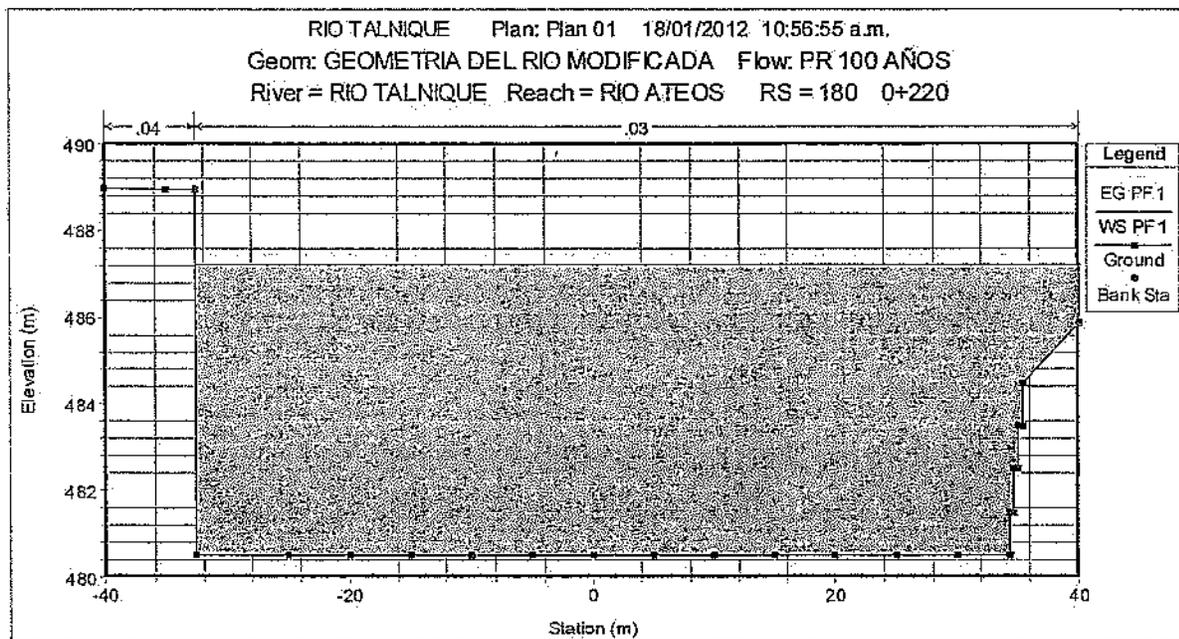
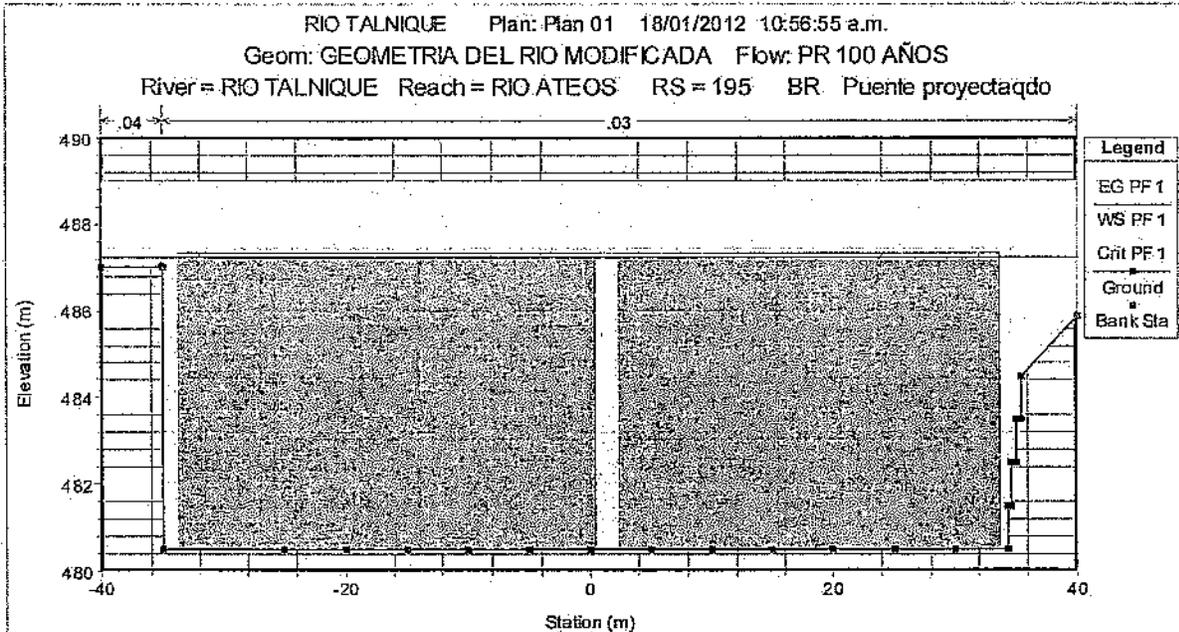
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



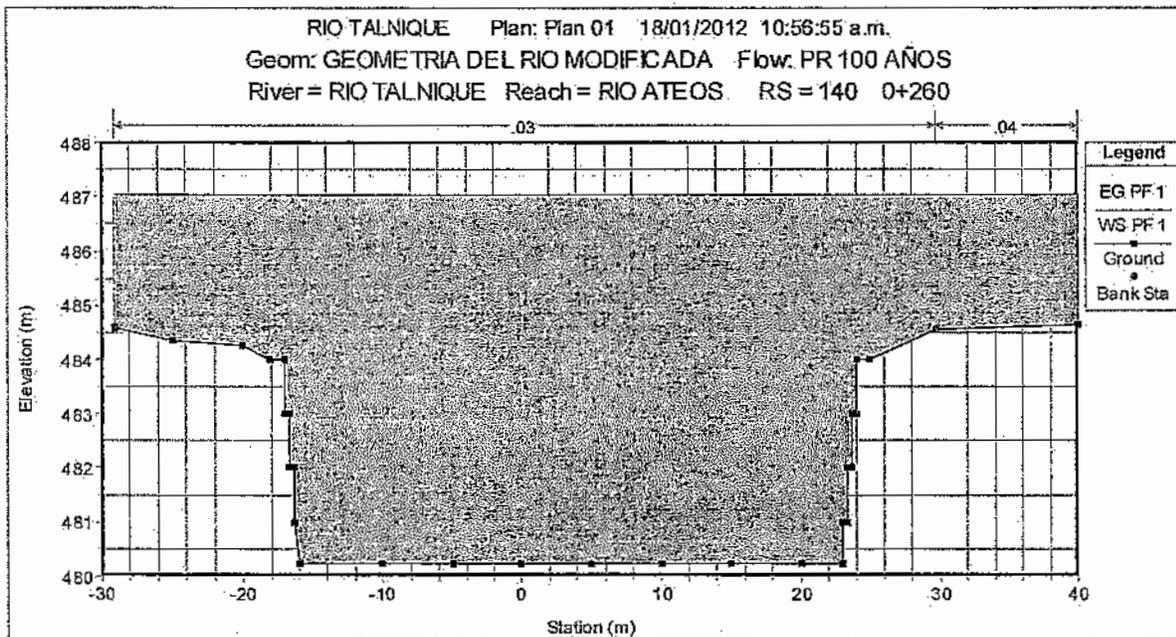
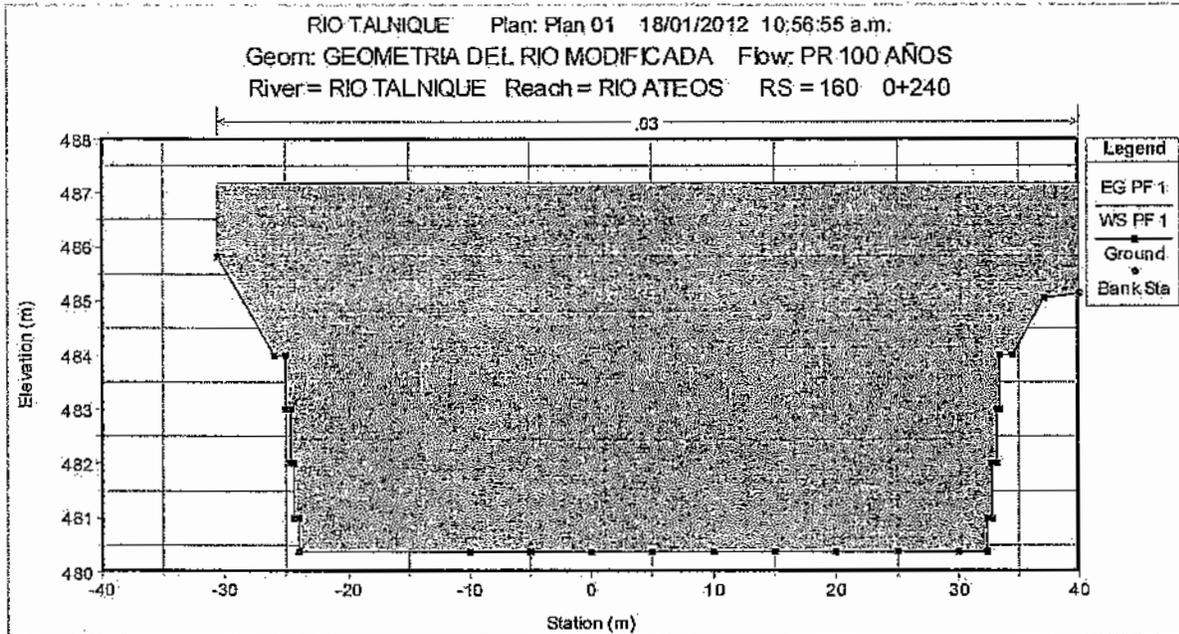
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



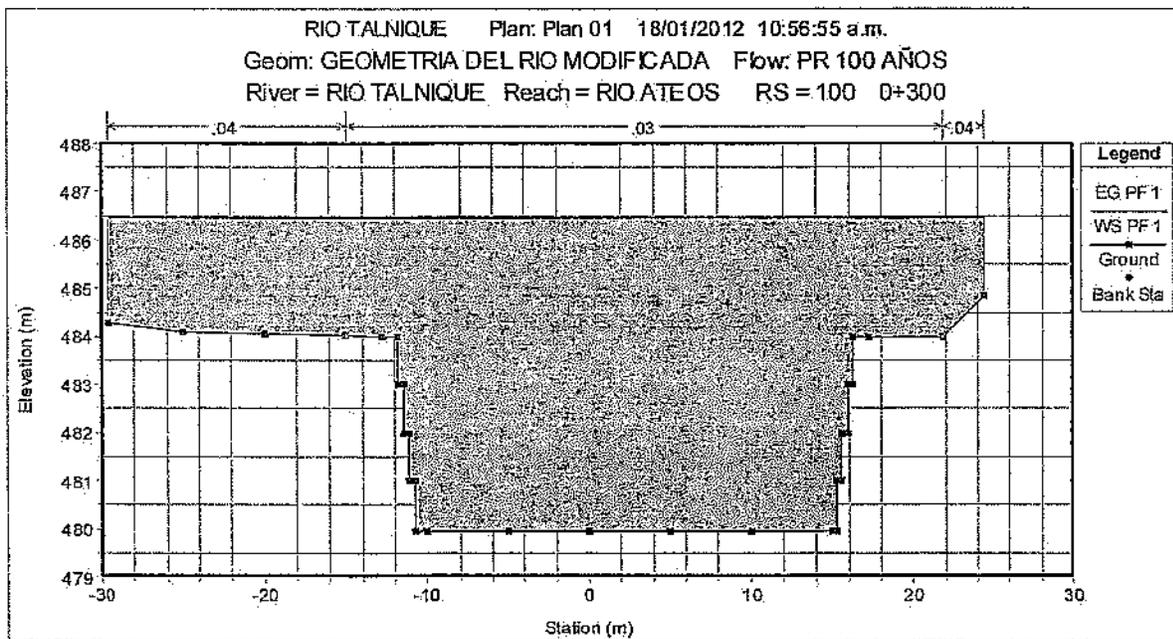
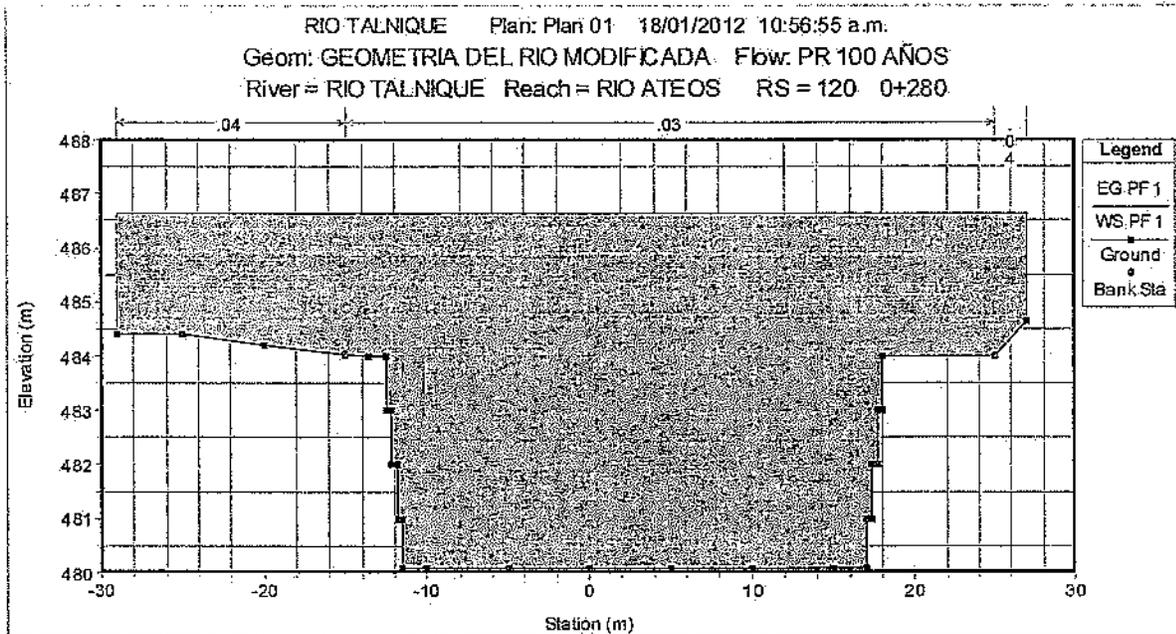
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



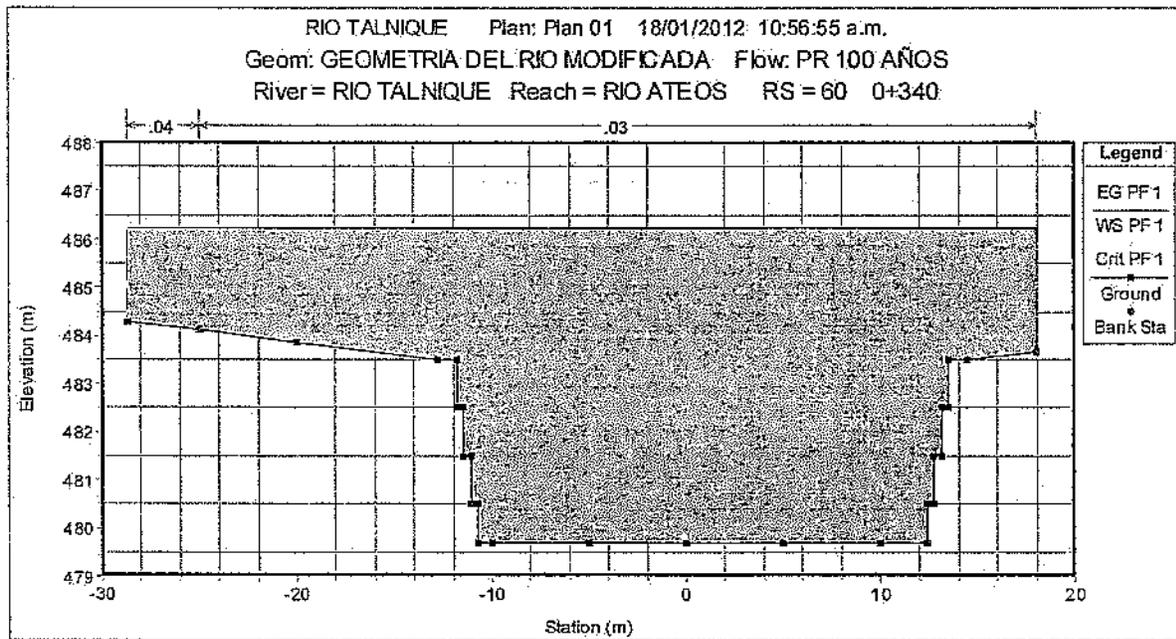
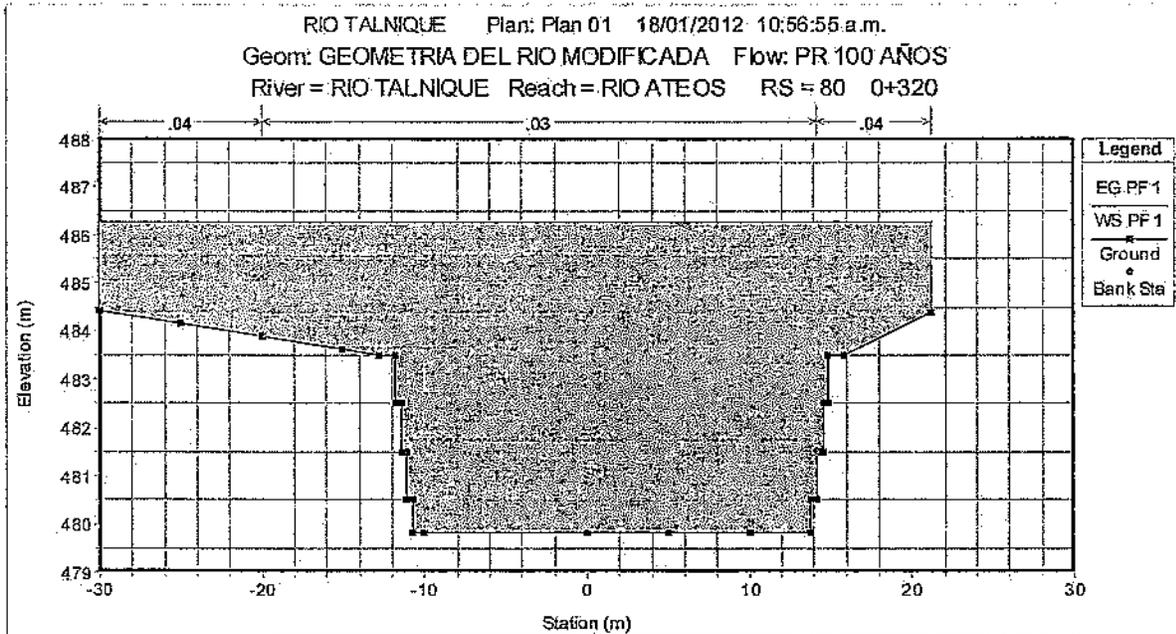
**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

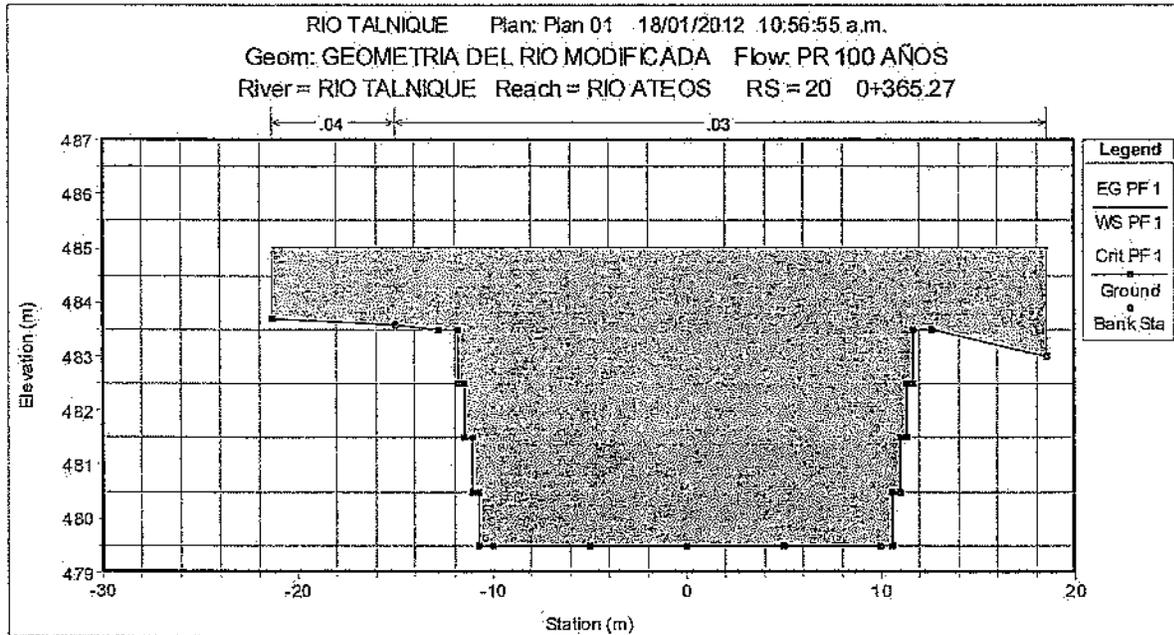
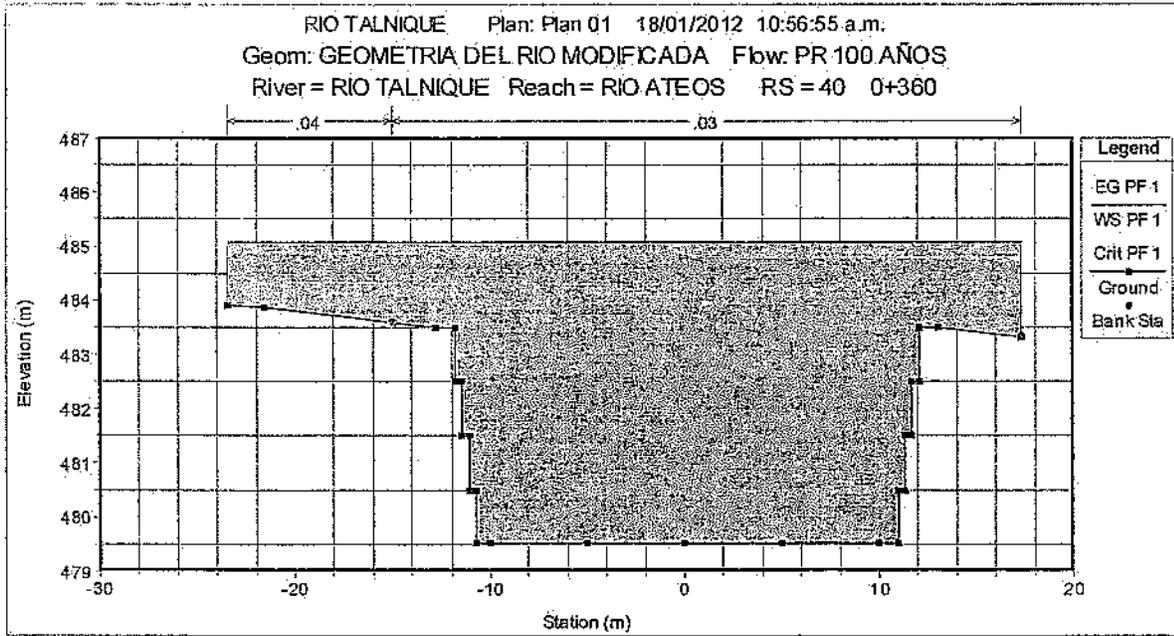


**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**



# HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.

## INGENIEROS CONSULTORES



**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

**Tabla 3: Resultados Hidráulicos obtenidos con Hec-Ras.**

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El. (m)	W.S. Elev (m)	Chl W.S. (m)	B.G. Elev. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude# Chl
RIO/ATEOS	400	PF 1	903.63	482.08	487.25		487.73	0.001042	3.1	305.56	69.55	0.44
RIO/ATEOS	380	PF 1	903.63	481.94	487.27		487.69	0.001028	2.9	314.19	71.33	0.42
RIO/ATEOS	360	PF 1	903.63	481.79	487.28		487.66	0.000892	2.73	332.99	73.1	0.4
RIO/ATEOS	340	PF 1	903.63	481.65	487.27	484.78	487.64	0.000772	2.7	343.06	72.58	0.38
RIO/ATEOS	330		Bridge									
RIO/ATEOS	320	PF 1	903.63	481.51	487.1		487.59	0.001068	3.15	306.65	63.8	0.43
RIO/ATEOS	300	PF 1	903.63	481.37	487.22		487.53	0.000602	2.47	382.9	80	0.33
RIO/ATEOS	280	PF 1	903.63	481.23	487.23		487.5	0.000525	2.31	404.08	80	0.31
RIO/ATEOS	260	PF 1	903.63	481.09	487.25		487.48	0.000478	2.17	423.56	80	0.29
RIO/ATEOS	240	PF 1	903.63	480.95	487.25		487.47	0.000426	2.08	441.68	80	0.28
RIO/ATEOS	220	PF 1	903.63	480.81	487.25		487.46	0.000414	2.05	444.83	80	0.27
RIO/ATEOS	200	PF 1	903.63	480.67	487.23	483.39	487.45	0.000412	2.1	432.79	70.83	0.27
RIO/ATEOS	195		Bridge									
RIO/ATEOS	180	PF 1	903.63	480.52	487.24		487.43	0.000353	1.95	464.56	72.66	0.25
RIO/ATEOS	160	PF 1	903.63	480.38	487.19		487.42	0.000453	2.13	424.8	70.56	0.28
RIO/ATEOS	140	PF 1	903.63	480.24	487.03		487.4	0.000826	2.7	349.4	69.13	0.37
RIO/ATEOS	120	PF 1	903.63	480.1	486.63		487.34	0.001717	3.83	258.03	55.96	0.52
RIO/ATEOS	100	PF 1	903.63	479.96	486.46		487.29	0.002147	4.17	238.97	53.93	0.57
RIO/ATEOS	80	PF 1	903.63	479.82	486.28		487.23	0.00227	4.47	226.25	51.19	0.61
RIO/ATEOS	60	PF 1	903.63	479.68	486.23	485.03	487.18	0.002782	4.33	213.26	46.63	0.63
RIO/ATEOS	40	PF 1	903.63	479.54	485.07	485.07	487	0.006921	6.22	152.12	40.73	0.95
RIO/ATEOS	20	PF 1	903.63	479.5	485.03	485.03	486.96	0.00717	6.21	150.97	39.81	0.96

ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL PROYECTO: RECONSTRUCCION DE PUENTE ATEOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION EN CAUCE DEL RIO

TALNIQUE, RUTA CA:08W MUNICIPIO DE SACACOYO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

**HIDRODESARROLLO, S.A. DE C.V.**  
**INGENIEROS CONSULTORES**

---

*Tabla 4: Resultados Hidráulicos obtenidos con Hec-Ras.*

Plan: CON DOS PUENTES RIO TALNIQUE RIO ATEOS RS: 195 BR D Profile: PE 1					
E.G. Elev (m)	487.44	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val		0.03	
W.S. Elev (m)	487.23	Reach Len. (m)	5.57	5.57	5.57
Crit W.S. (m)	483.21	Flow Area (m2)		438.91	
E.G. Slope (m/m)	0.000387	Area (m2)		438.91	
Q Total (m3/s)	903.63	Flow (m3/s)		903.63	
Top Width (m)	65.46	Top Width (m)		65.46	
Vel Total (m/s)	2.06	Avg. Vel. (m/s)		2.06	
Max Chl Dpth (m)	6.71	Hydr. Depth (m)		6.71	
Conv. Total (m3/s)	45944.1	Conv. (m3/s)		45944.1	
Length Wtd. (m)	5.57	Wetted Per. (m)		78.87	
Min Ch El (m)	480.52	Shear (N/m2)		21.11	
Alpha	1	Stream Power (N/m.s)	1915.12	0	0
Frctn Loss (m)	0	Cum Volume (1000 m3)	2.08	40.55	1.06
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.97	7.27	0.44