

TABLA DE CONTENIDO

	Pg
1.0 INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objetivos y alcances.....	5
 2.0 LOCALIZACIÓN y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	 10
 3.0 INFORMACIÓN BÁSICA.....	 13
3.1 Cartografía.....	13
3.2 Fotografías aéreas.....	13
3.3 Hidrometeorología.....	13
3.4 Estudios anteriores.....	14
 4.0 ANALISIS HIDROLOGICO CAUDALES Y NIVELES MAXIMOS.....	 17
4.1 Río Cali.....	17
4.2 Río Cauca.....	22
 5.0 ANÁLISIS HIDRAULICO.....	 26

LISTA DE FIGURAS

	Pg
2.1 Localización general del área del proyecto.....	12
4.1 Estación Río Cali Bocatoma 1950-2007-Curva de Frecuencia Caudales máximos instantáneos.....	19
4.2 Estación Río Cali Bocatoma 1978-2007-Curva de Frecuencia Caudales máximos instantáneos.....	20
4.3 Estación Río Aguacatal Colegio- Curva de Frecuencia Caudales máximos instantáneos.....	21
4.4 Estación Mediacanoa 1985-2007-Curva de Frecuencia Caudales máximos instantáneos.....	24
4.5 Estación Juanchito 1985-2007-Curva de Frecuencia Caudales máximos instantáneos.....	24
4.6 Río Cauca Niveles Máximos Perfil hidráulico –Juanchito – Mediacanoa.....	25
5.1 Perfil hidráulico río Cali entre la calle 26 y su entrega al río Cauca, condición sin control por niveles del río Cauca, situación actual.....	28

LISTA DE CUADROS

	Pg
3.1 Características y localización de las estaciones utilizadas.....	15
3.2 Estación Río Aguacatal – Colegio- Registros Históricos de Caudales Máximos (m ³ /s).....	15
3.3 Estación Río Cali – Bocatoma- Registros Históricos de Caudales Máximos (m ³ /s).....	16
4.1 Registros Históricos de Caudales Máximos (m ³ /s).....	19
4.2 Caudales máximos instantáneos.....	20
4.3 Caudales Máximos Instantáneos (m ³ /s).....	21
4.4 Caudales máximos ríos Cali y Aguacatal (m ³ /s).....	22
4.5 Río Cauca Niveles Máximos Instantáneos	23
4.6 Niveles máximos río Cauca.....	25

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pg
1.1 Puente Ortiz a principios del siglo XX, desde aguas arriba y aguas abajo, se observa la no existencia de muros en su margen izquierda y la amplia sección bajo el puente que cubría el cauce mayor del río.....	7
1.2 Puente Ortiz a principios del siglo XX, desde aguas arriba y aguas abajo, se observa la no existencia de muros en su margen izquierda y la amplia sección bajo el puente que cubría el cauce mayor del río.....	7
1.3 Río Cali a su paso por el puente del hotel Intercontinental.....	8
1.4 Río Cali a su paso por el puente de la calle 8.....	8
1.5 Río Cali a su paso por la iglesia de la Ermita.....	9
1.6 Río Cali a su paso frente al CAM.....	9



EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO CALI ENTRE LA CALLE 26 Y SU ENTREGA AL RIO CAUCA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los centros urbanos invaden los cauces aluviales creándose una interacción entre la ciudad, sus habitantes y el río. Debido a esta situación, la ciudad y sus habitantes pueden verse afectados por los cambios que ellos mismos causan al río y que influyen en las actividades urbanas relacionadas con la calidad de agua del río, las obras de toma, la estabilidad de las construcciones cercanas al río, el tránsito por las vías y puentes de su entorno y la inundación de los sectores poblados.

En el caso de Santiago de Cali, la ciudad en su tramo central norte está ubicada en el cono aluvial o cono de deyección del río Cali. Dicho cono se formó por el depósito de material donde termina la zona montañosa y empieza la zona plana, debido al cambio brusco de la pendiente que ocasiona la pérdida de la capacidad de arrastre del río. El río después de formar el cono, quedó circulando por el extremo nor-occidental del mismo. La característica del río Cali en esta zona, denominada intermedia, es la inestabilidad que ha preocupado a los habitantes de la ciudad desde sus mismos principios, la cual se fundó muy cerca del vértice del cono de deyección del río.

En el siglo pasado, la ciudad estaba conformada alrededor de San Antonio y del sector de Santa Rosa, y el río Cali discurría libremente, rodeado de praderas naturales a las que la comunidad iba de paseo y a bañarse en sus varios charcos naturales.

En 1602 se erigió marginal al río la antigua iglesia de La Ermita, pero esta es destruída en 1925 por un fuerte terremoto, y es reemplazada por la construcción actual, dada al servicio en 1942, fecha en que Cali superaba sus 100.000 habitantes.

La construcción del Puente Ortiz se inició en 1832 y se inauguró en 1842, y en aquel entonces tenía una serie de arcos para albergar las crecientes, los cuales fueron sellados a principios de este siglo para dar paso a las avenidas Colombia y del Río.

En 1900 había 30.000 habitantes, y en 1917 se contaba con 45.000 habitantes en la ciudad.

En 1945 se iniciaron masivos éxodos del campo a las ciudades generados por la violencia y allí se iniciaron en Cali los asentamientos subnormales como Siloé, que con el tiempo fueron consolidándose y obteniendo los servicios públicos como el resto de la ciudad.

Desde entonces se hizo creciente la intervención a las riberas y al entorno o valle de inundación del río Cali, con la construcción de puentes y vías que alteraron su funcionamiento natural. Y el río fue confinado con muros de mampostería en piedra, construidos la mayoría de ellos antes de la década de los cincuenta, para evitar los peligros que corrían estas vías y las edificaciones marginales por la tendencia del río a mover su cauce durante las crecientes, como es usual en la zona intermedia o de cono de los ríos.

La realidad es que la ciudad de Cali fue la que se le metió al río y no el río el que se mete a la ciudad como se dice después de cada creciente o inundación que se produce. En la década de los 50 al río Cali en el sitio donde hoy se encuentra el museo de La Tertulia, le fue cortado un meandro conocido como el charco del Burro. Como el río es un ser dinámico que se mantiene en búsqueda de su equilibrio, ha realizado el único desplazamiento que puede hacer y es el de bajar su fondo. Es así

como en algunos tramos del río después de contruidos muros de fijación de orilla, el río ha venido bajando el nivel del fondo para ajustar la pendiente al transporte de su caudal sólido y líquido que lo caracteriza. Este descenso del fondo ha ocasionado la destrucción de varios tramos del muro que lo confina y tiene afectados a otros más. Esta situación que se presenta en la parte oeste y central de la ciudad ha ocasionado que el material socavado sea arrastrado aguas abajo, siendo depositado en el tramo inferior del río ocasionando el azolvamiento del cauce, lo cual afecta directamente las descargas de los canales de drenaje de la ciudad localizados entre la calle 26 y el río Cauca.

En 1968 cuando Cali se acercaba al millón de habitantes, se efectuó la más grande intervención al cauce del río Cali, en el sector de los terrenos de la familia Bueno Madrid, aproximadamente entre las actuales calles 34 y 56. Para entonces ya el río Cali estaba contaminado por basuras y aguas residuales, situación que se hacia crítica en el sector mencionado. Las autoridades Municipales de entonces decidieron enderezar el cauce en el sector, construyendo un nuevo alineamiento, y rellenando gran parte del cauce y del valle de inundación, en un movimiento de tierra estimado en 400.000 m³.

El cauce abandonado quedó funcionando como un canal secundario que se llamó Caño Rojo, el cual fué recavado y posteriormente entamborado con tubería de concreto y tapado definitivamente.

Los primeros diques marginales del río fueron conformados de manera irregular e intermitente entre la calle 34 y la calle 70 con material proveniente del mismo río y de los sobrantes de movimientos de tierra de desarrollos y urbanizaciones vecinas.

En la década de los 80 se desarrolló el barrio Floralia y con él el dique marginal derecho de protección que se empalmó con el del río Cauca, en la desembocadura, y que reemplazó las bordas existentes en ese sector de la margen derecha.

En el año 1983 la CVC emprendió con motivo de la celebración de los 450 años de la ciudad, la construcción de diversas obras de defensa para los muros existentes afectados por la socavación de sus bases y en peligro de destruirse. En dicha ocasión se colocaron pequeños espolones transversales al río, en las orillas afectadas, propiciando la agradación del fondo del río en dichos tramos. Adicionalmente se construyeron nuevos muros en concreto reforzado en reemplazo de los muros destruidos.

En el primer semestre de 1988 se efectuó por parte de contratistas de Emcali una recava de aproximadamente 1.2 metros de profundidad, entre la desembocadura y la calle 34.

En los últimos 40 años se han desarrollado asentamientos subnormales en la riberas del río, empezando por La Isla, luego Camilo Torres, la Playita, y al inicio de esta década en la berma del dique derecho del río, que protege a Floralia. Hay también asentamientos en la parte media de la cuenca, como Atenas, Palermo y Terrón Colorado con invasión de orillas y vertimientos de basura y aguas domésticas.

Entre 1994 y 1996 Emcali construyó los colectores marginales de aguas residuales domésticas desde Santa Rita y Santa Teresita hasta cerca de la desembocadura, y se conectaron la mayoría de las redes sanitarias que entregaban directa e indiscriminadamente al río Cali. Sin embargo, el colector marginal derecho cruza por sifón invertido bajo el río Cali y entrega sus aguas al colector marginal izquierdo el cual descarga al río Cali aún sin tratamiento a unos 500 mts aguas arriba de la desembocadura al río Cauca. Los asentamientos subnormales no están conectados a este sistema, y continúan vertiendo sus aguas negras directamente al río Cali.

En años recientes el DAGMA ha emprendido la construcción y reparación de obras de fijación de orilla entre la Portada al mar y la calle 25,

91

Bajo toda la interacción descrita del hombre con el entorno del río, aparecen los problemas de inundaciones por las crecientes del río Cali y los canales anexos en toda el área de lo que han sido las ocupaciones marginales. Entre las crecientes y desbordamientos registrados en Cali en los últimos 37 años, figuran las de mayo de 1961, marzo de 1962, junio de 1964, mayo de 1971, octubre de 1973, julio de 1984 (afectó el CAM), julio de 1986, enero de 1987, enero de 1988, octubre de 1989 y abril y mayo de 1998.

Bajo todo el escenario planteado, éste estudio formula una directriz que ante todo le permita al río Cali recuperar su sección hidráulica entre la calle 26 y su entrega al río Cauca, de tal forma que las aguas que corren por éste transiten lo mas naturalmente posible. Sin embargo, y al mismo tiempo, se formulan proyectos y obras que de todas maneras son necesarias para armonizar y mitigar la interacción de la comunidad caleña asentada en las orillas del río, con el propio cauce. La longitud aproximada de este tramo es de 6720m.

1.2 *Objetivos y Alcance*

Se pretende elaborar los estudios técnicos que permitan formular el diagnóstico y prediseño de alternativas que permitan tomar decisiones correctas en el emplazamiento y diseño de las obras de control de erosión marginal y mejoramiento de la sección hidráulica del río Cali, las cuales deben estar fundamentadas inicialmente en conocer verdaderamente el cauce como un elemento dinámico y cambiante de la superficie terrestre. Este conocimiento se logra únicamente efectuando estudios básicos dirigidos a la investigación del comportamiento histórico del cauce. Si antes de tener este conocimiento del cauce para el posterior diseño de las obras requeridas para el control de erosión marginal y ampliación de la sección hidráulica del río Cali en el tramo en estudio se construyen las obras, lo más seguro es que a corto y mediano plazo se tendrá que afrontar el mismo problema, con medidas de emergencia por las posibles afectaciones que se puedan dar sobre la infraestructura vial de la ciudad de Cali y toda la ronda del río Cali. Por esta razón no hay nada más conveniente que identificar las causas del

comportamiento del río y sus manifestaciones y luego sí, con propiedad, proponer alternativas de manejo acordes con los estudios existentes, que serán considerados como un ingrediente fundamental a tener en cuenta para los nuevos objetivos planteados.

En las fotografías 1-1 y 1-2 se observa el estado del río Cali en el puente Ortiz hace aproximadamente 100 años, donde se ve como con las obras construidas posteriormente en su márgenes, al río se le fue cercenando su cauce mayor ocasionando que con el tiempo se presentaran los desbordamientos y consecuentes daños sobre la infraestructura localizada en su entorno.

En las fotografías 1-3 a 1-6 se observa el río durante diferentes eventos de crecientes importantes, donde se observa el río a su paso por el puente del hotel Intercontinental, de la calle 8, frente al CAM y frente a la iglesia de la Ermita.



Fotografías 1-1 y 1-2 Puente Ortiz a principios del siglo XX, desde aguas arriba y aguas abajo, se observa la no existencia de muros en su margen izquierda y la amplia sección bajo el puente que cubría el cauce mayor del río



Fotografía 1-3 Río Cali a su paso por el puente del hotel Intercontinental



Fotografía 1-4 Río Cali a su paso por el puente de la calle 8



Fotografía 1-5 Río Cali a su paso por la iglesia de la Ermita



Fotografía 1-6 Río Cali a su paso frente al CAM

2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

El río Cali nace en la Cordillera Occidental, en el Parque Nacional Natural "Farallones de Cali", aproximadamente a 4.000 m.s.n.m., y su cuenca está conformada por las de los ríos Aguacatal, Pichindé, Pichindecito, Felidia, Cabuyal y el propio río Cali.

La cuenca tiene 192.55 km² de extensión; el río Cali discurre en sentido Occidente-Oriente, hasta desembocar al río Cauca.

En su parte alta, la cuenca presenta grandes pendientes y un bosque primario, aunque con algunas intervenciones de desarrollo poblacional e infraestructura.

En la parte media de la cuenca, definida entre los 2000 m.s.n.m (Felidia) y los 1050 m.s.n.m (Zoológico) en la entrada a Cali, existen corrientes moderadamente rápidas, con un lecho constituido por bloques de piedra de tamaño medio, con depósitos alternativos de arenas y gravas.

Cerca al Zoológico está la bocatoma del acueducto San Antonio de Cali, y dos crecientes asentamientos subnormales: Atenas y Palermo. Otros asentamientos subnormales se encuentran en el alto y bajo Aguacatal.

Tanto Emcali como el Municipio de Cali han comprado tierras en la cuenca media, con el propósito de controlar la actividad humana y preservar los recursos naturales, con siembra de coníferas y especies nativas contando con 10 km² (Emcali) y 15 km² (Municipio de Cali) para un total de 25 km², que representan el 14.7% del total de la cuenca medida hasta la bocatoma de San Antonio.

La parte baja de la cuenca corresponde a la ciudad de Cali propiamente dicha, desde el Zoológico hasta la desembocadura al río Cauca y cuenta con los

asentamientos subnormales de La Isla, Camilo Torres, La Playita y la margen derecha, berma del dique del río Cali en su desembocadura.

El área específica del proyecto, se encuentra localizada al norte de la ciudad de Cali en jurisdicción del municipio de Cali. Su localización específica se encuentra entre la calle 25 y la entrega al río Cauca.

Desde el punto de vista hidrológico el área del proyecto pertenece a la cuenca del río Cali.

Por su ubicación latitudinal, entre 3 y 4 grados de Latitud Norte, los valores medios de algunas variables meteorológicas como la temperatura, la presión atmosférica y la humedad relativa, son muy estables a lo largo del año; siendo en cambio importantes sus oscilaciones diarias así como la función de la altura sobre el nivel del mar.

Las estaciones de verano e invierno están definidas por la magnitud de las lluvias, por lo tanto, no existen aquí estaciones de origen térmico como en las latitudes media y alta, sino que la región disfruta de un clima tropical húmedo influenciado en forma local por la Cordillera de los Andes.

También debido a su localización ecuatorial, los vientos son en general muy débiles, determinados por las circulaciones del valle- montaña. El parámetro climático más variable y por lo tanto de mayor importancia en el área es la precipitación y después la temperatura por su variación a lo largo del día.

En la figura 2-1 se indica la localización general del área del proyecto.

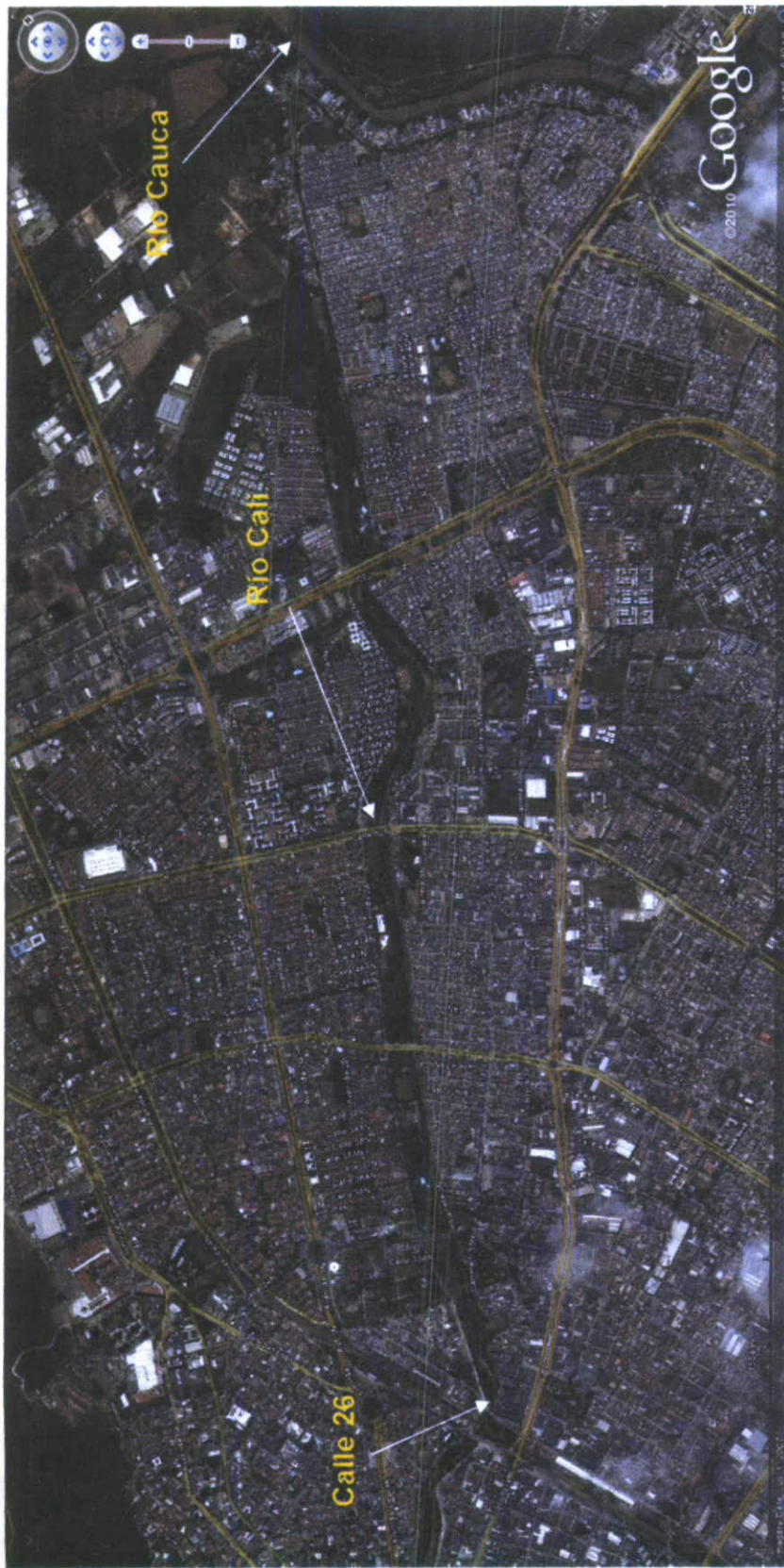


Figura 2-1 Localización general del área del proyecto

3. INFORMACIÓN BÁSICA

Durante la actividad relacionada con la recolección y análisis de información se consultaron los siguientes documentos e información:

3.1 CARTOGRAFÍA

En este aspecto se contó con la siguiente información:

- Cartografía 1:10000 de 1998 de la CVC. Plancha 300-I-A-1.
- Levantamiento topográfico del río Cali, suministrado por EMCALI.
- Plano digital del municipio de Santiago de Cali.

3.2 FOTOGRAFIAS AEREAS

Se utilizó la información de fotografía satelital de Google Earth.

3.3 HIDROMETEOROLOGÍA

La información hidrométrica usada se obtuvo de las estaciones río Cali –Bocatoma, río Aguacatal – El Colegio, río Cauca - Mediacanoa y río Cauca Juanchito actualmente operadas por la CVC. En el cuadro 3-1 se encuentran las características de estas estaciones y en los cuadros 3-2 y 3-3 los caudales máximos de las estaciones Bocatoma y El Colegio. En el anexo hidroclimatológico se encuentran los registros de niveles máximos de las estaciones Juanchito y Mediacanoa..

En términos generales se concluye que la información hidrológica disponible es suficiente para el análisis estadístico-probabilístico de los caudales en los ríos Cali y

Aguacatal y de los niveles del río Cauca.

3.4 ESTUDIOS ANTERIORES

Para este estudio se utilizó la información contenida en los siguientes estudios y documentos:

- ◆ Diagnóstico y alternativas de manejo del entorno del río Cali, mediante el estudio geomorfológico-hidrológico-hidráulico entre la calle 34N y su desembocadura al río Cauca y proyectos para mitigar inundaciones, elaborado para el DAGMA por Hidro-Estudios Ltda, 1998.
- ◆ Regionalización de Caudales Máximos, elaborado para la CVC por la ingeniera Adriana María Erazo Ch., agosto de 1999.
- ◆ Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichindé, Cañaveralejo, Meléndez y Lili, trabajo de grado presentado a las Universidades del Valle y Nacional por la ingeniera Jenny Astrid Mayorquín Rojas, 1997.
- ◆ Normas para el diseño de sistemas de alcantarillado, EMCALI, 1999.
- ◆ Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico (RAS 2000)(Título D – Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales), el cual fue adoptado mediante resolución 1096/2000 del Ministerio de Desarrollo y el cual es norma oficial para todo el territorio nacional de acuerdo a las facultades conferidas mediante Decreto 1112 de 1996.
- ◆ Caracterización fisiográfica – Dirección regional sur-occidente, elaborado para la CVC por la ingeniera Adriana María Erazo Ch., 1996.
- ◆ Boletín hidroclimatológico del Valle del Cauca, CVC 2007
- ◆ Manual del usuario del programa Win-TR55, Hidrología Sección 4. SCS National Engineering Handbook
- ◆ Hidrología aplicada. Ven Te Chow; David R. Maidment; Larry W Mays, Mc Graw Hill 1993.
- ◆ Hidrología para Ingenieros. Linsley – Kohler – Paulus. Mc Graw Hill 1988.

- ♦ Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow. Editorial Diana, 1982.

Cuadro 3-1

CARACTERISTICAS Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS

ESTACION	CLASE	SUBCUENCA	MUNICIPIO	NORTE	ESTE	ALTITUD
BOCATOMA	LG	CALI	CALI	873,179.41	1,056,762.69	997
COLEGIO	LM	AGUACATAL	CALI	875,111.686	1,056,763.977	1098
JUANCHITO	LG	CAUCA	CALI	873,335.207	1,066,958.641	955.70
MEDIACANOA	LG	CAUCA	BUGAI	922,091.825	1,080,587.370	941.93

Cuadro 3-2

**Estación Río Aguacatal - Colegio
Registros Históricos de Caudales Máximos
(m³/s)**

AÑO	CAUDAL
1972	10.8
1973	41.62
1974	16.99
1975	19.81
1976	14.53
1977	20.81
1978	14.82
1979	6.01
1980	4.2
1981	39.6
1982	27.69
1983	1.17
1984	58.5
1985	26.1
1986	43
1987	3.07
1988	5
1989	2.41
1990	5.94
1991	1.58
1992	18.01
1993	37.41
1994	10.14
1995	9.6
1996	2.93

20

Cuadro 3-3
Estación Río Cali – Bocatoma
Registros Históricos de Caudales Máximos (m³/s)

AÑO	CAUDAL
1950	29.2
1951	28.6
1952	43.3
1953	31.8
1954	38
1955	51.8
1956	43.1
1957	41
1958	17.7
1959	74.2
1960	73
1961	141.7
1962	161.9
1963	14.1
1964	169.6
1965	56.6
1966	69
1967	14.9
1968	72.1
1969	18.1
1978	6.1
1979	39.4
1980	31.5
1981	64.1
1982	49.5
1983	64.9
1984	193
1985	25.1
1986	143
1987	76.6
1988	49.6
1989	59.2
1990	50.4
1991	31.1
1992	29.1
1993	51.2
1994	62
1995	42
1996	38.7
1997	62.9
1998	81.1
1999	68
2000	71.3
2001	54.5
2002	55.3
2003	108.7
2004	33
2005	42.1
2006	128.8
2007	53

4. ANALISIS HIDROLOGICO CAUDALES Y NIVELES MÁXIMOS

4.1 Río Cali

Debido a la existencia de series de caudales máximos mensuales para los períodos 1950-1969 y 1978-2003 en la estación río Cali – Bocatoma y 1972-1998 para la estación río Aguacatal – El Colegio, ver Cuadros 3-2 y 3-3, se considera se dispone de suficiente información hidrológica para realizar el análisis estadístico-probabilístico de los caudales máximos.

Estos métodos consideran que un conjunto de datos hidrológicos pertenecientes a la misma población hidrológica pueden ser analizados mediante métodos matemáticos basados en la teoría de las probabilidades.

Por lo anterior las crecientes de los ríos Cali y Aguacatal se definirán en términos de probabilidad de ocurrencia, comúnmente denominada frecuencia o período de retorno. Para el análisis de dichos eventos la hidrología emplea métodos estadísticos que proporcionan soluciones aceptables, dependiendo su precisión de la longitud del registro y de la calidad y cantidad de los datos disponibles.

La ecuación general del análisis de frecuencias de eventos extremos en hidrología tiene la siguiente forma:

$$X = \overline{X} + \Delta X$$

Es decir que el evento X , correspondiente a una determinada frecuencia dentro de una serie de datos históricos, va a estar representado por el valor medio aritmético ($\overline{X}$) de los datos de la muestra y por una desviación respecto a éste valor medio (ΔX) que depende de la dispersión característica de los datos analizados, de la propia frecuencia y de los parámetros estadísticos que definen la distribución adoptada.

Las diversas metodologías existentes para el análisis de frecuencias expresan la ecuación anotada de la forma siguiente sugerida por Chow:

$$X = \bar{X} + KS_x$$

Donde K es el factor de frecuencia que depende de la frecuencia de recurrencia o periodo de retomo del evento x y del tipo de distribución de probabilidades que el método adopte, y S_x es la desviación típica de la muestra que se puede expresar en la siguiente forma:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

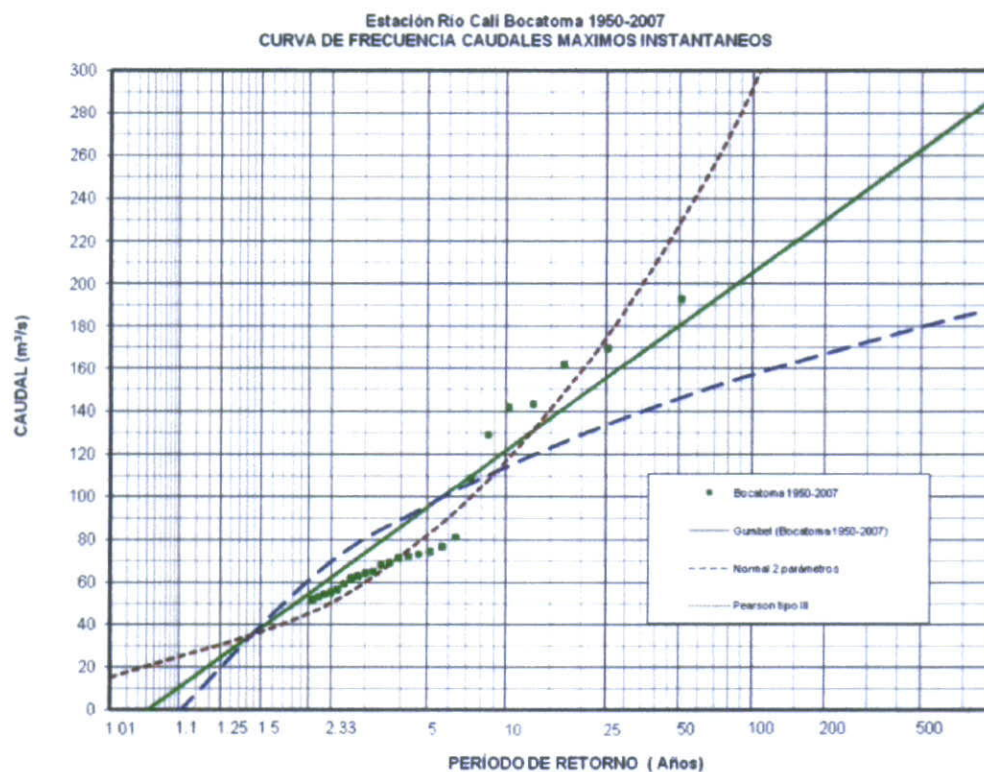
donde x es cada evento de la muestra y n el número de eventos que ella contiene. El valor de $\bar{X}$ está dado por:

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n x}{n}$$

En los estudios de frecuencias de caudales el problema principal es la selección del método mas adecuado para el cálculo, puesto que todos los modelos desarrollados presentan sus ventajas y desventajas, en este caso se utilizarán las metodologías de las distribuciones Log Normal II, Pearson tipo III y la distribución de Gumbel o de valores extremos tipo I.

En los Cuadros 4-1 a 4-3 y en las Figuras 4-1 a 4-3 se presentan los resultados de los caudales máximos obtenidos para los ríos Cali – Bocatoma y Aguacatal – El Colegio y Cali – Bocatoma.

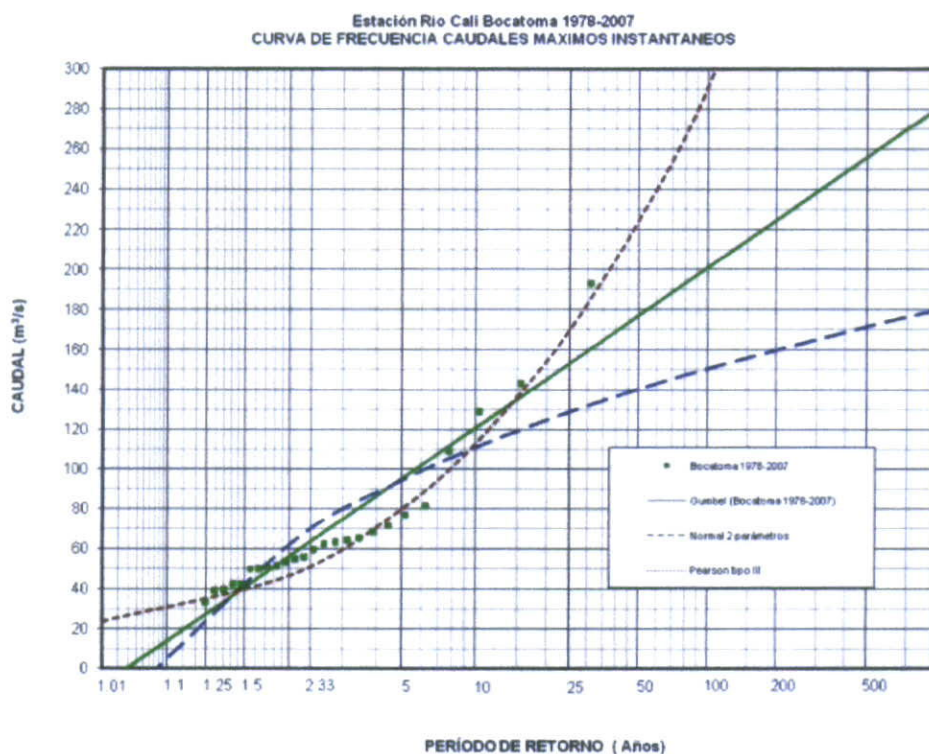
Figura 4-1



Cuadro 4-1
Caudales máximos instantáneos

PERÍODO DE RETORNO (años)	ESTACIÓN RÍO CALI BOCATOMA 1950-2007					
	GUMBEL TIPO I	Log Gumbel	Normal 2 param	Log Normal 2	Pearson tipo III	Log Pearson
1.01	-12.86	15.00	-35.16	10.45	15.37	23.71
2	54.62	44.80	61.10	49.77	45.36	38.56
5	94.96	86.17	95.87	87.45	82.30	70.18
10	121.67	132.87	114.04	117.41	117.01	123.20
20	147.29	201.30	129.05	149.76	159.24	244.33
25	155.42	229.65	133.42	160.76	174.63	313.58
30	162.03	255.64	136.86	169.97	187.90	388.85
50	180.46	344.63	145.94	196.94	228.58	751.95
100	205.31	515.63	157.20	236.39	292.61	2123.38

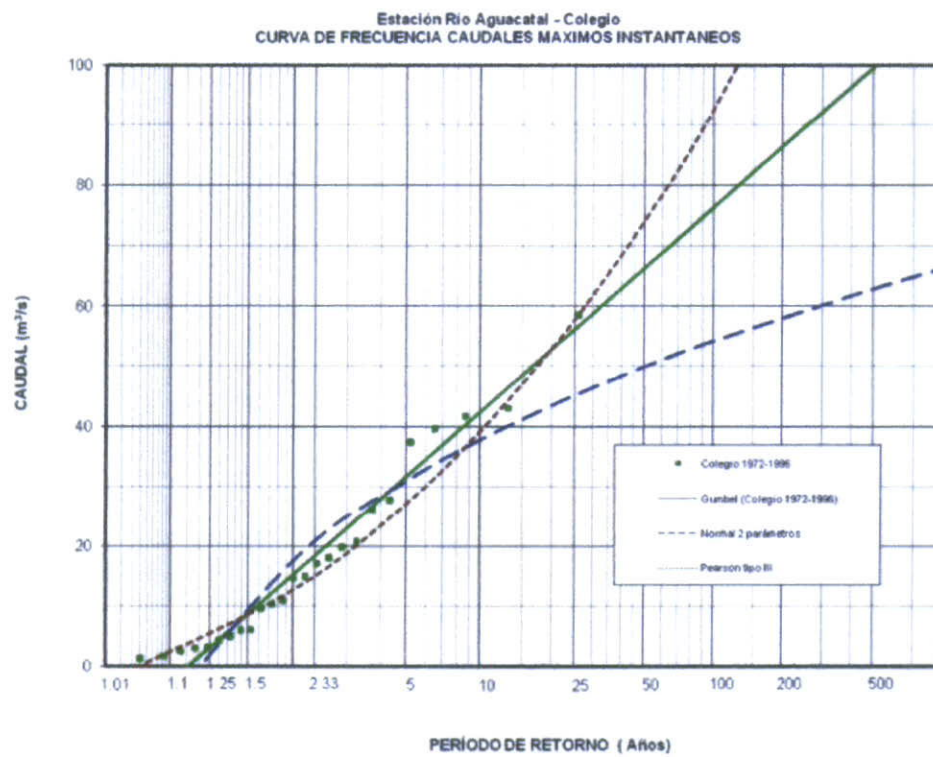
Figura 4-2



Cuadro 4-2
Caudales máximos instantáneos

PERÍODO DE RETORNO (años)	ESTACIÓN RÍO CALI BOCATOMA 1978-2007					
	GUMBEL TIPO I	Log Gumbel	Normal 2 param	Log Normal 2	Pearson tipo III	Log Pearson
1.01	-8.47	16.56	-26.47	12.34	23.90	28.14
2	56.37	47.88	62.17	52.65	46.71	40.88
5	95.13	90.32	94.19	88.94	79.86	70.34
10	120.80	137.48	110.93	116.97	112.94	120.88
20	145.42	205.73	124.75	146.67	154.60	239.08
25	153.23	233.78	128.78	156.67	170.06	307.94
30	159.58	259.41	131.94	165.00	183.48	383.64
50	177.28	346.62	140.31	189.21	225.11	758.35
100	201.16	512.43	150.68	224.23	291.76	2258.24

Figura 4-3



Cuadro 4-3
Caudales Máximos Instantáneos (m³/s)

PERÍODO DE RETORNO (años)	ESTACION RIO AGUACATAL - EL COLEGIO 1972-1996					
	GUMBEL TIPO I	Log Gumbel	Normal 2 param	Log Normal 2	Pearson tipo III	Log Pearson
2.00	15.11	9.32	17.44	10.98	12.39	7.71
5.00	31.09	28.55	30.45	27.30	26.55	20.78
10.00	41.67	59.91	37.25	43.96	38.57	48.25
20.00	51.81	121.98	42.86	65.14	52.32	126.38
25.00	55.03	152.85	44.49	73.05	57.16	177.44
30.00	57.65	183.63	45.78	79.94	61.28	236.79
50.00	64.95	306.19	49.18	101.42	73.63	562.61
100.00	74.79	610.24	53.39	136.23	92.43	2100.01

Revisados los resultados por los tres métodos, se considera apropiado utilizar los resultados obtenidos por el método de Gumbel, el cual de acuerdo al estudio realizado por la Ing. Jenny A. Mayorquín R., presenta el mejor ajuste para caudales mayores a 70 y 80 m³/s. En el Cuadro 4-4 se indican los caudales finalmente seleccionados.

Cuadro 4-4
Caudales máximos ríos Cali y Aguacatal (m³/s)

Río	Período de retorno (años)									
	2	5	10	20	25	30	50	100	500	1000
Cali Bocatoma 1950-2007	56.37	95.13	120.8	145.4	153.2	159.6	177.3	206.2	256.4	288.8
Aguacatal El Colegio 1972- 1996	15.11	31.09	41.67	51.81	55.03	57.65	64.95	74.79	97.54	107.3

Para la determinación de los caudales a utilizar en los análisis, se supone la simultaneidad de las crecientes en los sitios río Cali-Bocatoma y río Aguacatal-Colegio, situación que ocurrió en la creciente del día 1 de julio de 1984, en la cual se presentaron registros de 150 m³/s y 60 m³/s en forma simultánea, para un caudal total de 210 m³/s.

Observando los resultados se encuentra razonable que para un período de retorno de 1 vez en 25 años el caudal esperado es de 208.23 m³/s, que comparado con el de 210 m³/s presentado en la creciente del 1 de julio de 1984, el cual según el boletín 017-84 de la CVC (ver anexo A) correspondía a un período de retorno de 1 vez en 30 años.

4.2 Río Cauca

Teniendo en cuenta que para el análisis hidráulico es necesario considerar el remanso producido por el río Cauca, se tiene la necesidad de definir los niveles máximos del río Cauca en la desembocadura del río Cali.

Para este análisis se utiliza como información básica la información consignada en el Boletín Hidroclimatológico del año 2008, publicado por la CVC, al cual se le hicieron correcciones en cuanto a los ceros de mira de las dos estaciones analizadas. Estos ceros de mira han cambiado con el tiempo y en el boletín no se tienen incluidas en las lecturas de mira estas correcciones, por cuanto al convertir lecturas de mira a niveles en el sistema IGAC es necesario tener en cuenta el cero de la mira en esa fecha. Con base en la nueva serie de niveles máximos mensuales de las estaciones Juanchito y Mediacanoa, se realizó el análisis estadístico-probabilístico de estos valores a partir del año 1985 en que entró en funcionamiento el embalse de Salvajina como regulador de caudales del río Cauca.

En el cuadro 4-8 se muestran los resultados de este análisis de los cuales se escogieron los obtenidos con la distribución Pearson tipo III por ser la que más se ajusta a los registros históricos. En las figuras 4-4 y 4-5 se muestran las gráficas correspondientes al análisis estadístico-probabilístico.

Con estos valores y los datos del levantamiento topobatimétrico elaborado para la CVC por la Universidad del Valle, se realizó el perfil hidráulico del río Cauca para el tramo Juanchito-Mediacanoa, a partir del cual se determinaron los niveles máximos del río Cauca para diversos períodos de retorno. Este perfil se muestra en la figura 4-6 y en el cuadro 4-9 los niveles para diferentes períodos de retorno.

Cuadro 4-8
RIO CAUCA
NIVELES MAXIMOS INSTANTANEOS

PERIODO DE RETORNO (años)	ESTACIÓN					
	JUANCHITO 1985-2007			MEDIACANOA 1985-2007		
	GUMBEL TIPO I	NORMAL 2 PARAM	PEARSON TIPO III	GUMBEL TIPO I	NORMAL 2 PARAM	PEARSON TIPO III
1.01	945.56	945.09	945.86	931.30	930.99	931.46
2	947.64	947.81	947.64	932.70	932.82	932.73
5	948.88	948.79	948.66	933.54	933.48	933.40
10	949.71	949.31	949.32	934.09	933.82	933.81
20	950.50	949.73	949.93	934.62	934.11	934.17
25	950.75	949.85	950.12	934.79	934.19	934.29
30	950.95	949.95	950.28	934.93	934.25	934.38
50	951.52	950.21	950.71	935.31	934.43	934.62
100	952.28	950.52	951.28	935.82	934.64	934.92

Figura 4-4
Estación Mediacanoa (1985-2007)
CURVA DE FRECUENCIA NIVELES MAXIMOS

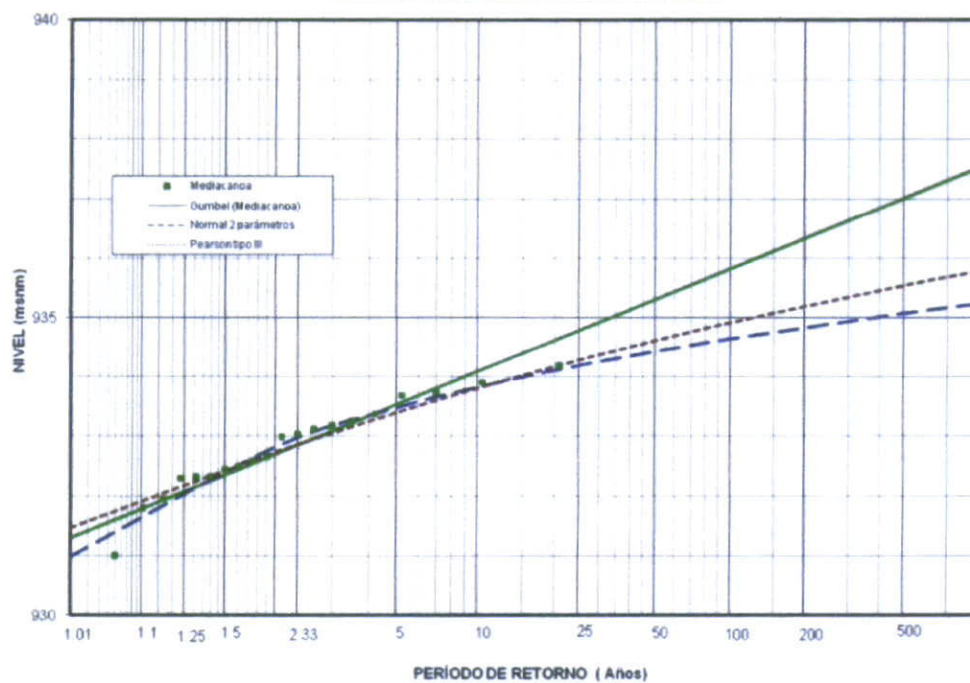
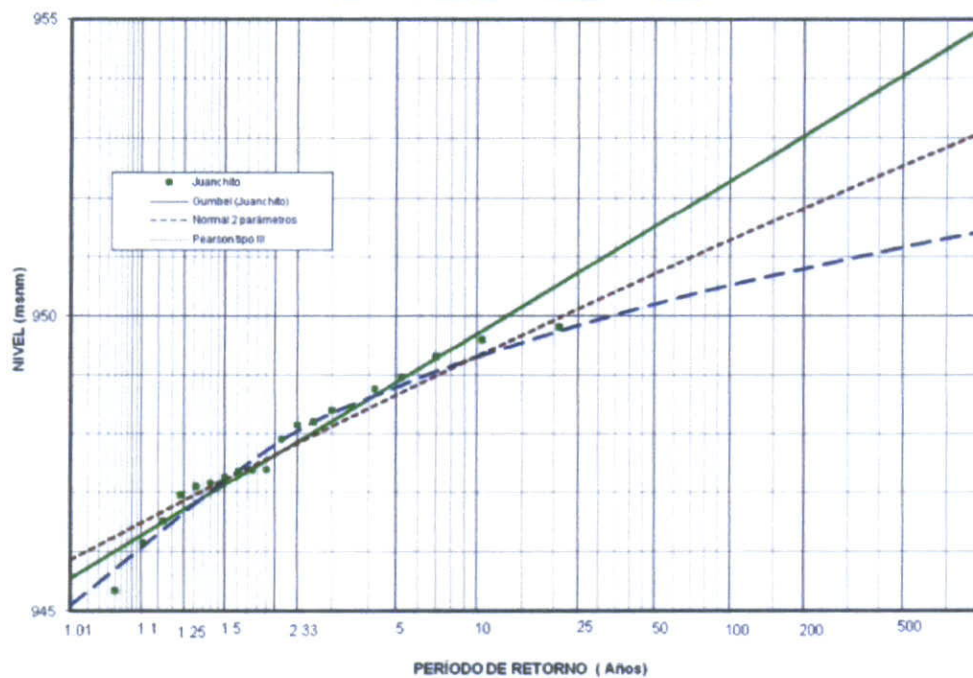


Figura 4-5
Estación Juanchito (1985-2007)
CURVA DE FRECUENCIA NIVELES MAXIMOS

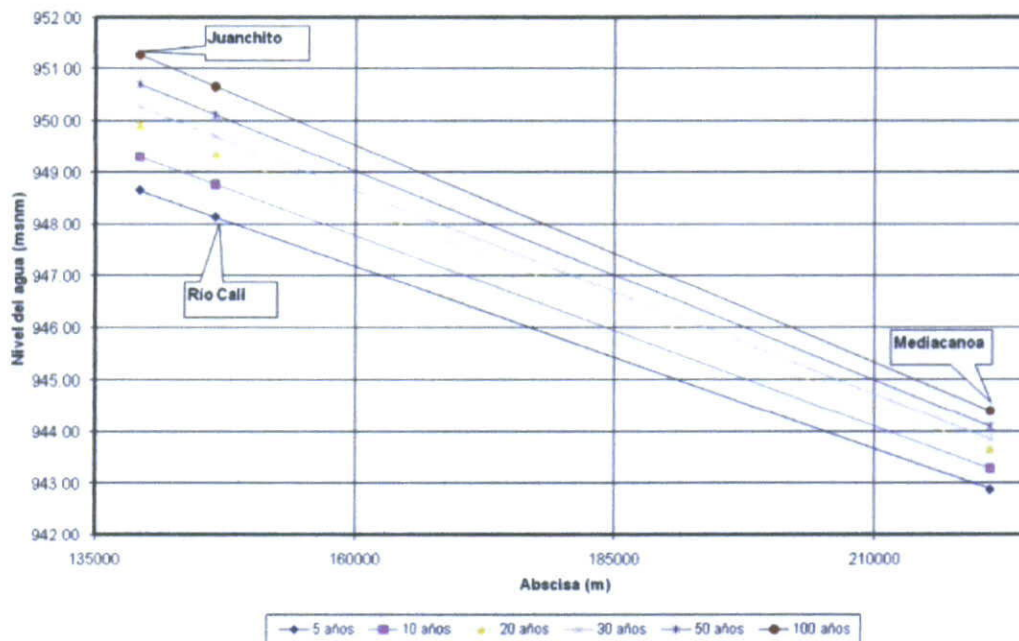


Cuadro 4-9
NIVELES MAXIMOS DEL RIO CAUCA (msnm)

SITIO	Abscisa	Período de Retorno (años)							
		1.01	2	5	10	20	30	50	100
MEDIACANOA	221080.1	940.95	942.22	942.89	943.30	943.66	943.87	944.11	944.41
RIO CALI	146534.4	945.42	947.16	948.15	948.78	949.37	949.71	950.12	950.67
JUANCHITO	139258.7	945.86	947.64	948.66	949.32	949.93	950.28	950.71	951.28

Figura 4-5

RIO CAUCA NIVELES MAXIMOS
PERFIL HIDRAULICO - JUANCHITO-MEDIACANOA



5. ANALISIS HIDRAULICO

Uno de los pasos más importantes de este estudio, lo constituye la necesidad de determinar los perfiles del nivel del agua para los diferentes caudales y niveles evaluados anteriormente.

Para este análisis debe tenerse en cuenta todo el entorno de cada uno de los cauces, por lo cual se utiliza el programa HEC-RAS versión 4.0, el cual permite analizar detalladamente los componentes responsables del flujo del agua a través de los cauces y simula unas condiciones lo más reales posibles logrando así conocer el efecto de las obras construidas o diseñadas.

Este modelo fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. Sus principios matemáticos se basan en las ecuaciones de la energía y del momentum, lo cual permite operar bajo las siguientes condiciones de trabajo:

- Flujo permanente y gradualmente variado en corrientes naturales o canales artificiales.
- Aplicable a un tramo aislado, a un sistema dendrítico o a una red completa de canales.
- Flujo subcrítico, supercrítico o régimen combinado.
- Basado en la ecuación de energía para flujo a superficie libre, conjuntamente con la ecuación de continuidad.
- Pérdidas locales por expansión y contracción.
- Ecuación de la cantidad de movimiento: utilizada para casos en que se presente flujo rápidamente variado.
- Se puede considerar el efecto de obstrucciones en el flujo.
- Análisis y manejo de planicies de inundación.

La información requerida por el programa como datos de entrada es:

- Secciones topográficas

- Distancia entre secciones
- Coeficiente de rugosidad
- Datos de caudales y datos de niveles de control, los cuales dependen de las características del flujo, en caso subcrítico niveles aguas abajo y en caso supercrítico niveles aguas arriba, o información de alguna sección de control.
- Datos de estructuras, localizadas en el cauce.

Los resultados del programa se presentan en forma gráfica y/o tabulada.

Teniendo en cuenta que el río Cali en su recorrido desde la confluencia con el río Aguacatal hasta la calle 70 ha recibido las aguas de diferentes canales y a su vez ha recorrido tramos, principalmente entre la portada al mar y el puente de los bomberos donde el cauce tiene una capacidad máxima para caudales con un periodo de retorno de 1 en 25 años, se estima que las aguas que entran y las aguas que salen son equivalentes y por lo tanto se considera que en la entrega al río Cauca se presenta para un periodo de retorno de 1 en 100 años un caudal de $280.99 \text{ m}^3/\text{s}$.

En las figura 5-1 se muestran los perfiles del flujo desde la desembocadura del río Cali al río Cauca hasta la calle 26

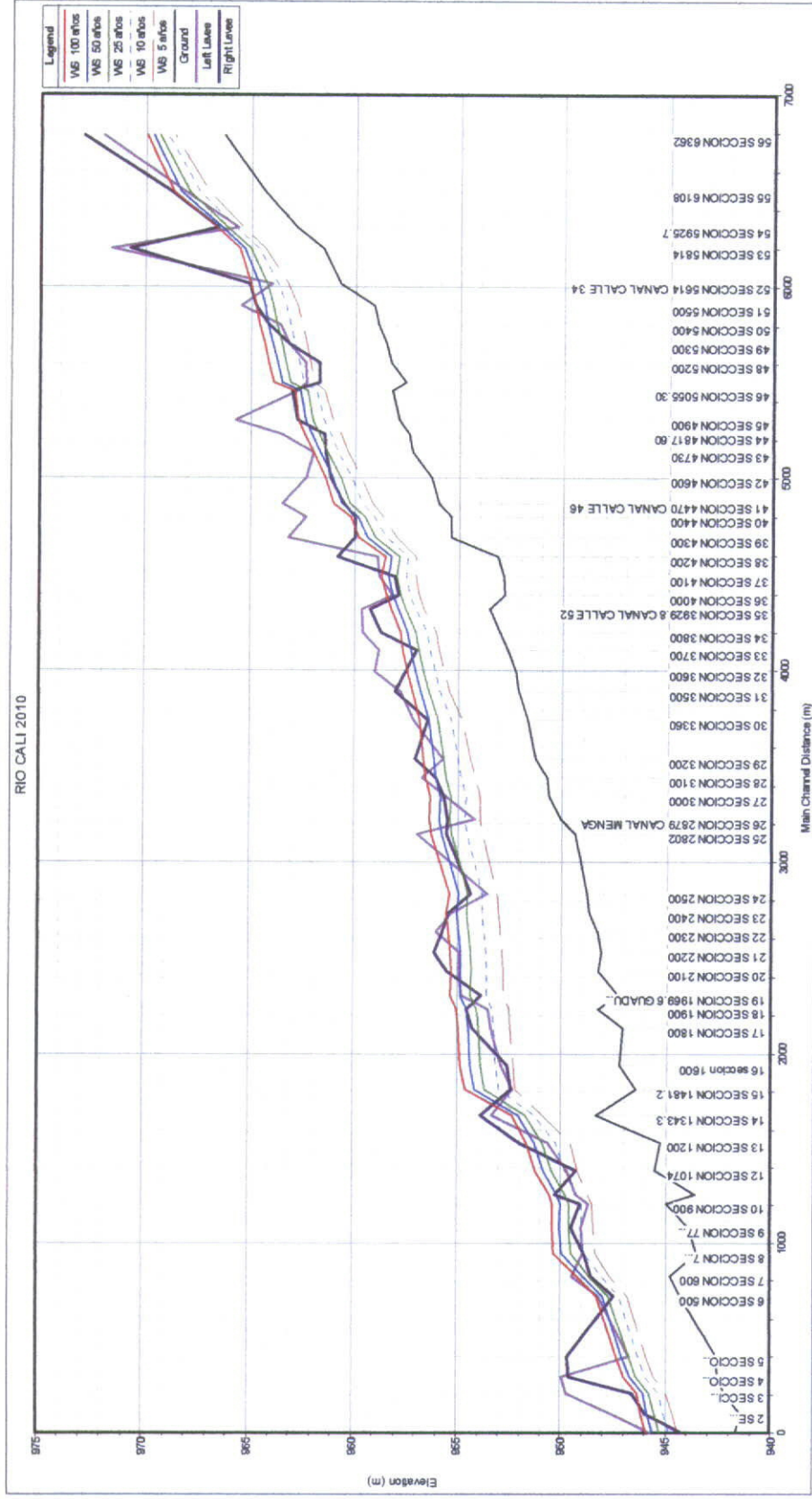


Figura 5-1 Perfil hidráulico río Cali entre la calle 26 y su entrega al río Cauca, condición sin control por niveles del río Cauca

A la luz de los resultados de los niveles de agua para diferentes frecuencias resumidos en el numeral anterior, se visualizan varios indicadores que permiten formular el análisis de inundabilidad.

En primer lugar está la gran influencia que ejerce el río Cauca sobre el río Cali, y éste a su vez sobre los canales pluviales. De los resultados se observa que la frecuencia de 1:30 del río Cauca induce desbordamientos generalizados en el río Cali, aún con una frecuencia baja de éste, como 1:2 años. Así mismo se observa la influencia de esta combinación de frecuencias (Cauca: 1:30 y Cali 1:2) sobre los canales pluviales mas bajos, que son el Menga (calle 67), Guaduales (sin bombeo) y Acopi, los que evidencian desbordamientos generalizados aún para la condición de aporte nulo de las áreas tributarias de los canales.

En segundo término se aprecia la influencia del río Cali sobre los canales, ya que con niveles moderados del río Cauca (1:3) y niveles del río Cali 1:50, se presenta desbordamiento generalizado en todos los canales cuando estos afrontan caudales de frecuencias 10, 20 y 50, y aún en la condición de no aporte de las áreas tributarias de los canales, hay desbordamiento generalizado en los canales Menga (calle 67), Guaduales (sin bombeo) y Acopi.

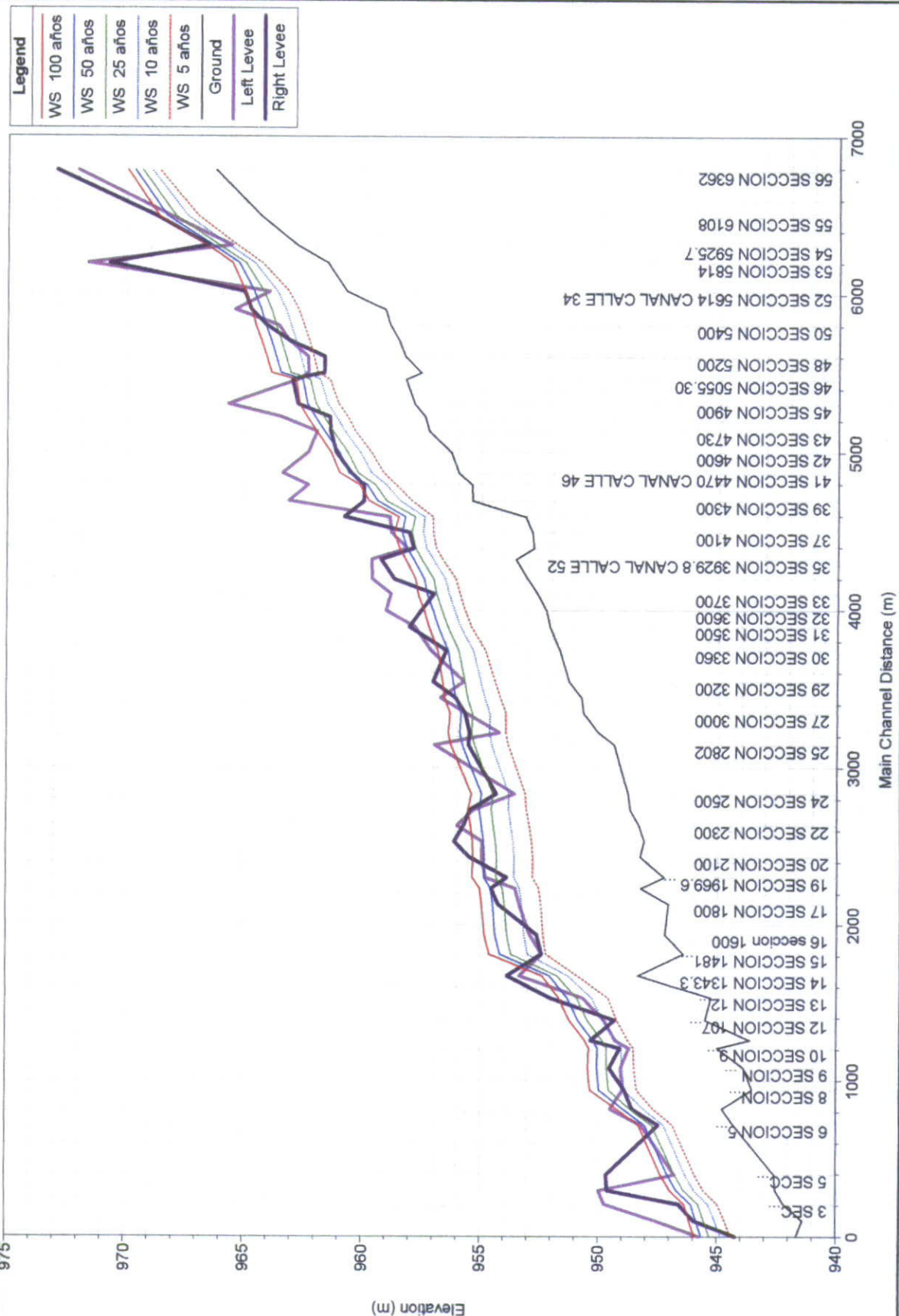
Dada la complejidad y volumen de la información generada, se hace necesario definir cual es la condición apropiada para el análisis de inundabilidad. Tal como se mencionó en el análisis de los períodos de retorno, el punto de referencia fundamental es el dique de Floralia que es parte integral del dique de la margen izquierda del río Cauca en el sector.

Se pretende entonces escoger un nivel de combinaciones de crecientes equivalente a la altura del dique de Floralia y de su prolongación hasta la estación de bombeo de Guaduales. Estos niveles corresponden a la combinación de frecuencias río Cauca 1:3, río Cali 1:50 y canales cero ó su similar (un poco mas baja) río Cauca 1:3, río Cali 1:2 y Canales 1:50 todo esto para la inundabilidad del río Cali.

ANEXO

TRANSITO HIDRAULICO

RIO CALI 2010



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	56	5 años	126.10	966.28	968.64	968.05	968.93	0.005837	2.39	52.79	29.93	0.57
1	56	10 años	163.70	966.28	968.97	968.31	969.32	0.005648	2.60	62.90	29.97	0.57
1	56	25 años	210.90	966.28	969.38	968.59	969.78	0.005393	2.81	74.98	29.97	0.57
1	56	50 años	246.10	966.28	969.69	968.78	970.13	0.005079	2.92	84.39	29.97	0.55
1	56	100 años	281.00	966.28	969.97	968.96	970.44	0.004921	3.03	92.86	29.97	0.55
1	55	5 años	126.10	964.36	967.04	966.33	967.38	0.004941	2.64	51.00	26.11	0.56
1	55	10 años	163.70	964.36	967.47	966.64	967.86	0.004517	2.84	62.66	27.12	0.55
1	55	25 años	210.90	964.36	967.98	967.00	968.42	0.004134	3.04	76.67	28.28	0.54
1	55	50 años	246.10	964.36	968.34	967.22	968.83	0.003985	3.20	87.02	29.15	0.54
1	55	100 años	281.00	964.36	968.68	967.44	969.20	0.003782	3.31	97.05	29.93	0.53
1	54	5 años	126.10	962.85	965.39	965.01	966.04	0.010760	3.58	35.62	16.08	0.75
1	54	10 años	163.70	962.85	965.76	965.37	966.57	0.011141	3.99	41.81	17.37	0.78
1	54	25 años	210.90	962.85	966.16	965.81	967.16	0.011574	4.46	48.73	17.63	0.81
1	54	50 años	246.10	962.85	966.42	966.10	967.57	0.011941	4.79	53.34	17.80	0.84
1	54	100 años	281.00	962.85	966.65	966.37	967.96	0.012345	5.09	57.54	17.90	0.86
1	53	5 años	126.10	961.56	964.33	963.89	964.90	0.009542	3.35	37.65	17.73	0.73
1	53	10 años	163.70	961.56	964.65	964.26	965.37	0.010100	3.78	43.45	18.66	0.77
1	53	25 años	210.90	961.56	965.03	964.65	965.92	0.010285	4.20	50.80	19.88	0.80
1	53	50 años	246.10	961.56	965.31	964.92	966.31	0.010157	4.45	56.49	20.77	0.81
1	53	100 años	281.00	961.56	965.59	965.20	966.67	0.009870	4.64	62.39	21.66	0.81
1	52	5 años	126.10	960.74	963.20		963.56	0.005376	2.69	49.34	25.08	0.57
1	52	10 años	163.70	960.74	963.69		964.08	0.004587	2.83	61.83	26.06	0.55
1	52	25 años	210.90	960.74	964.26		964.69	0.003951	2.98	76.98	27.20	0.52
1	52	50 años	246.10	960.74	964.66		965.11	0.003611	3.07	88.05	28.00	0.51
1	52	100 años	281.00	960.74	965.04		965.52	0.003338	3.16	98.93	28.77	0.50
1	51	5 años	126.10	959.13	962.78	961.51	963.05	0.003347	2.28	55.36	21.14	0.45
1	51	10 años	163.70	959.13	963.32	961.87	963.63	0.003046	2.45	67.19	22.61	0.44
1	51	25 años	210.90	959.13	963.93	962.27	964.29	0.002773	2.63	81.52	24.28	0.43
1	51	50 años	246.10	959.13	964.36	962.54	964.74	0.002622	2.74	92.04	25.44	0.43
1	51	100 años	281.00	959.13	964.76	962.79	965.17	0.002493	2.85	102.47	26.53	0.42
1	50	5 años	126.10	958.91	962.56	961.04	962.77	0.002083	2.07	62.87	23.35	0.37
1	50	10 años	163.70	958.91	963.12	961.37	963.37	0.001986	2.26	76.45	25.20	0.38

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Cnl
1	50	25 años	210.90	958.91	963.75	961.75	964.04	0.001891	2.45	92.99	27.07	0.38
1	50	50 años	246.10	958.91	964.18	961.99	964.50	0.001829	2.56	104.93	27.65	0.38
1	50	100 años	281.00	958.91	964.59	962.26	964.94	0.001774	2.67	116.31	27.65	0.37
1	49	5 años	126.10	958.54	962.34	960.76	962.57	0.002109	2.12	61.00	20.90	0.37
1	49	10 años	163.70	958.54	962.89	961.11	963.17	0.002079	2.33	72.94	22.09	0.38
1	49	25 años	210.90	958.54	963.52	961.49	963.85	0.002052	2.56	86.99	22.70	0.39
1	49	50 años	246.10	958.54	963.94	961.76	964.31	0.002038	2.72	96.66	22.70	0.39
1	49	100 años	281.00	958.54	964.34	962.01	964.75	0.002026	2.86	105.76	22.70	0.40
1	48	5 años	126.10	958.26	962.15	960.23	962.35	0.002045	2.03	64.53	20.56	0.33
1	48	10 años	163.70	958.26	962.70	960.58	962.95	0.002196	2.26	76.09	21.20	0.35
1	48	25 años	210.90	958.26	963.31	960.99	963.62	0.002348	2.51	89.15	21.20	0.36
1	48	50 años	246.10	958.26	963.73	961.29	964.08	0.002448	2.68	98.08	21.20	0.37
1	48	100 años	281.00	958.26	964.13	961.56	964.52	0.002535	2.83	106.50	21.20	0.38
1	47	5 años	126.10	957.58	961.97	959.83	962.14	0.002032	1.84	71.74	21.71	0.30
1	47	10 años	163.70	957.58	962.50	960.19	962.71	0.002229	2.08	83.64	22.50	0.31
1	47	25 años	210.90	957.58	963.11	960.59	963.37	0.002411	2.31	97.23	22.50	0.33
1	47	50 años	246.10	957.58	963.52	960.87	963.81	0.002527	2.47	106.55	22.50	0.34
1	47	100 años	281.00	957.58	963.91	961.13	964.24	0.002625	2.61	115.36	22.50	0.34
1	46	5 años	126.10	958.24	961.45	960.56	961.95	0.006823	3.12	40.79	14.72	0.58
1	46	10 años	163.70	958.24	961.86	960.96	962.50	0.007652	3.55	46.90	15.23	0.62
1	46	25 años	210.90	958.24	962.31	961.42	963.12	0.008561	4.02	53.85	15.78	0.66
1	46	50 años	246.10	958.24	962.61	961.74	963.55	0.009166	4.33	58.67	16.15	0.68
1	46	100 años	281.00	958.24	962.89	962.04	963.96	0.009752	4.62	63.43	17.70	0.70
1	45	5 años	126.10	957.87	961.07	959.88	961.26	0.002474	1.95	65.51	26.73	0.39
1	45	10 años	163.70	957.87	961.53	960.16	961.76	0.002433	2.14	77.97	27.15	0.39
1	45	25 años	210.90	957.87	962.05	960.45	962.32	0.002431	2.35	92.05	27.62	0.40
1	45	50 años	246.10	957.87	962.40	960.65	962.71	0.002441	2.48	101.80	27.95	0.40
1	45	100 años	281.00	957.87	962.73	960.87	963.07	0.002449	2.61	111.09	28.25	0.41
1	44	5 años	126.10	957.42	960.70	959.79	961.01	0.003779	2.52	54.93	27.19	0.49
1	44	10 años	163.70	957.42	961.17	960.13	961.52	0.003512	2.71	68.38	30.04	0.49
1	44	25 años	210.90	957.42	961.71	960.50	962.09	0.003201	2.87	85.24	31.99	0.48
1	44	50 años	246.10	957.42	962.08	960.76	962.48	0.003011	2.97	97.16	32.30	0.47

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	44	100 años	281.00	957.42	962.43	960.99	962.85	0.002869	3.06	108.41	32.59	0.47
1	43	5 años	126.10	957.25	960.36	959.23	960.68	0.003561	2.54	52.80	22.44	0.47
1	43	10 años	163.70	957.25	960.80	959.60	961.19	0.003641	2.82	63.27	24.44	0.49
1	43	25 años	210.90	957.25	961.32	960.02	961.78	0.003640	3.09	76.36	26.75	0.50
1	43	50 años	246.10	957.25	961.67	960.29	962.18	0.003592	3.25	86.16	28.02	0.50
1	43	100 años	281.00	957.25	962.01	960.57	962.55	0.003527	3.39	95.82	29.00	0.50
1	42	5 años	126.10	956.31	959.70	958.97	960.06	0.006085	2.67	47.24	20.75	0.56
1	42	10 años	163.70	956.31	960.16	959.28	960.59	0.005810	2.88	56.87	20.87	0.56
1	42	25 años	210.90	956.31	960.69	959.62	961.18	0.005523	3.11	68.07	21.82	0.55
1	42	50 años	246.10	956.31	961.06	959.86	961.59	0.005355	3.25	76.19	22.65	0.55
1	42	100 años	281.00	956.31	961.40	960.09	961.98	0.005225	3.38	84.10	23.43	0.54
1	41	5 años	126.10	955.99	959.17	958.11	959.42	0.003634	2.24	56.23	23.56	0.46
1	41	10 años	163.70	955.99	959.67	958.41	959.96	0.003475	2.39	68.46	24.74	0.46
1	41	25 años	210.90	955.99	960.25	958.77	960.58	0.003320	2.54	83.13	26.10	0.45
1	41	50 años	246.10	955.99	960.65	959.00	961.00	0.003226	2.63	93.71	27.03	0.45
1	41	100 años	281.00	955.99	961.02	959.22	961.39	0.003148	2.70	103.92	27.91	0.45
1	40	5 años	126.10	955.42	958.64	957.73	959.08	0.005648	3.00	44.80	17.40	0.55
1	40	10 años	163.70	955.42	959.05	958.12	959.61	0.006252	3.38	52.16	18.16	0.58
1	40	25 años	210.90	955.42	959.53	958.56	960.21	0.006766	3.77	61.03	19.03	0.61
1	40	50 años	246.10	955.42	959.86	958.87	960.62	0.007033	4.01	67.48	19.64	0.62
1	40	100 años	281.00	955.42	960.18	959.16	961.01	0.007240	4.21	73.74	20.22	0.63
1	39	5 años	126.10	955.39	957.97	957.46	958.41	0.007747	2.91	43.32	22.56	0.67
1	39	10 años	163.70	955.39	958.47	957.79	958.93	0.006462	2.99	54.79	23.39	0.62
1	39	25 años	210.90	955.39	959.04	958.14	959.52	0.005616	3.09	68.23	24.32	0.59
1	39	50 años	246.10	955.39	959.42	958.38	959.93	0.005220	3.16	77.79	24.97	0.57
1	39	100 años	281.00	955.39	959.78	958.59	960.32	0.004947	3.23	86.87	25.56	0.56
1	38	5 años	126.10	953.16	957.07	956.30	957.64	0.007150	3.38	39.01	16.30	0.62
1	38	10 años	163.70	953.16	957.43	956.75	958.17	0.008042	3.87	45.17	17.61	0.67
1	38	25 años	210.90	953.16	957.83	957.27	958.77	0.008909	4.39	52.49	19.04	0.72
1	38	50 años	246.10	953.16	958.25	957.62	959.24	0.008196	4.52	60.60	19.46	0.70
1	38	100 años	281.00	953.16	958.53	957.96	959.62	0.008452	4.79	65.97	19.74	0.72

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	37	5 años	126.10	952.86	957.05	955.27	957.20	0.001761	1.70	74.33	27.94	0.33
1	37	10 años	163.70	952.86	957.48	955.62	957.66	0.001854	1.90	86.63	28.98	0.34
1	37	25 años	210.90	952.86	957.97	956.02	958.19	0.001945	2.12	100.98	30.15	0.35
1	37	50 años	246.10	952.86	958.39	956.28	958.63	0.002159	2.21	113.92	31.18	0.35
1	37	100 años	281.00	952.86	958.71	956.51	958.99	0.002190	2.33	124.21	31.97	0.35
1	36	5 años	126.10	952.80	956.93	954.67	957.06	0.001020	1.58	84.90	25.70	0.26
1	36	10 años	163.70	952.80	957.34	954.98	957.51	0.001236	1.84	95.62	26.58	0.28
1	36	25 años	210.90	952.80	957.80	955.34	958.02	0.001465	2.11	108.13	27.58	0.31
1	36	50 años	246.10	952.80	958.18	955.58	958.42	0.002095	2.24	118.57	28.30	0.32
1	36	100 años	281.00	952.80	958.49	955.82	958.76	0.002222	2.38	127.48	28.30	0.33
1	35	5 años	126.10	953.56	956.66	955.87	956.92	0.004070	2.26	57.19	31.46	0.50
1	35	10 años	163.70	953.56	957.06	956.16	957.36	0.003700	2.43	70.36	33.78	0.49
1	35	25 años	210.90	953.56	957.53	956.47	957.86	0.003340	2.59	86.80	36.47	0.48
1	35	50 años	246.10	953.56	957.89	956.68	958.24	0.003033	2.67	100.11	38.50	0.47
1	35	100 años	281.00	953.56	958.22	956.87	958.58	0.002795	2.73	113.31	40.42	0.46
1	34	5 años	126.10	953.05	956.09	955.14	956.37	0.004650	2.37	54.20	26.43	0.50
1	34	10 años	163.70	953.05	956.54	955.47	956.86	0.004286	2.54	66.49	28.25	0.50
1	34	25 años	210.90	953.05	957.04	955.85	957.41	0.003898	2.72	81.15	29.56	0.49
1	34	50 años	246.10	953.05	957.43	956.10	957.82	0.003538	2.80	92.95	30.57	0.47
1	34	100 años	281.00	953.05	957.79	956.33	958.20	0.003308	2.89	103.98	31.49	0.47
1	33	5 años	126.10	952.64	955.91	954.56	956.06	0.002002	1.67	75.59	31.25	0.34
1	33	10 años	163.70	952.64	956.38	954.82	956.55	0.001951	1.81	90.45	31.97	0.34
1	33	25 años	210.90	952.64	956.92	955.12	957.11	0.001849	1.96	108.86	36.13	0.34
1	33	50 años	246.10	952.64	957.32	955.31	957.53	0.001943	2.03	123.48	37.06	0.33
1	33	100 años	281.00	952.64	957.69	955.49	957.91	0.001849	2.10	137.52	37.92	0.33
1	32	5 años	126.10	952.26	955.69	954.21	955.84	0.001923	1.74	72.56	26.95	0.34
1	32	10 años	163.70	952.26	956.14	954.47	956.33	0.002019	1.93	85.02	27.65	0.35
1	32	25 años	210.90	952.26	956.67	954.79	956.90	0.002090	2.11	99.79	28.46	0.36
1	32	50 años	246.10	952.26	957.06	955.00	957.31	0.002059	2.22	111.34	33.34	0.36
1	32	100 años	281.00	952.26	957.44	955.20	957.70	0.001976	2.30	124.88	36.40	0.36
1	31	5 años	126.10	952.10	955.43	954.07	955.62	0.002411	1.90	66.23	26.82	0.39
1	31	10 años	163.70	952.10	955.88	954.38	956.10	0.002425	2.08	79.56	32.82	0.40

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	31	25 años	210.90	952.10	956.42	954.73	956.67	0.002207	2.22	97.78	34.13	0.39
1	31	50 años	246.10	952.10	956.83	954.94	957.09	0.002015	2.29	111.83	35.03	0.38
1	31	100 años	281.00	952.10	957.23	955.18	957.51	0.001842	2.35	126.02	35.90	0.37
1	30	5 años	126.10	951.69	954.84	954.08	955.11	0.004701	2.34	53.90	27.26	0.53
1	30	10 años	163.70	951.69	955.35	954.38	955.64	0.003778	2.41	68.07	27.68	0.49
1	30	25 años	210.90	951.69	955.96	954.68	956.28	0.003072	2.48	85.13	27.75	0.45
1	30	50 años	246.10	951.69	956.41	954.89	956.74	0.002716	2.53	97.57	27.81	0.43
1	30	100 años	281.00	951.69	956.84	955.08	957.18	0.002460	2.58	109.55	27.85	0.41
1	29	5 años	126.10	951.29	954.42	952.92	954.56	0.001600	1.70	76.10	31.71	0.33
1	29	10 años	163.70	951.29	955.01	953.20	955.18	0.001378	1.80	95.77	34.22	0.31
1	29	25 años	210.90	951.29	955.70	953.50	955.87	0.001195	1.89	120.16	36.97	0.30
1	29	50 años	246.10	951.29	956.19	953.71	956.37	0.001086	1.94	138.42	37.81	0.29
1	29	100 años	281.00	951.29	956.65	953.91	956.84	0.001003	1.99	155.99	38.47	0.28
1	28	5 años	126.10	950.75	954.20	952.88	954.37	0.002388	1.83	69.59	32.59	0.38
1	28	10 años	163.70	950.75	954.85	953.22	955.02	0.001722	1.84	91.91	35.72	0.34
1	28	25 años	210.90	950.75	955.57	953.58	955.75	0.001341	1.87	119.06	39.20	0.31
1	28	50 años	246.10	950.75	956.08	953.81	956.26	0.001160	1.90	139.37	41.17	0.30
1	28	100 años	281.00	950.75	956.55	953.99	956.73	0.001032	1.92	159.14	42.20	0.28
1	27	5 años	126.10	950.67	953.95	952.46	954.15	0.001921	2.00	65.86	24.31	0.36
1	27	10 años	163.70	950.67	954.63	952.77	954.85	0.001636	2.10	82.89	25.94	0.35
1	27	25 años	210.90	950.67	955.35	953.12	955.60	0.001470	2.24	102.14	26.93	0.34
1	27	50 años	246.10	950.67	955.85	953.36	956.12	0.001400	2.35	115.69	27.30	0.33
1	27	100 años	281.00	950.67	956.32	953.60	956.60	0.001338	2.43	128.43	27.30	0.33
1	26	5 años	126.10	950.05	953.95	951.67	954.00	0.000501	1.04	123.58	39.71	0.18
1	26	10 años	163.70	950.05	954.65	951.89	954.71	0.000443	1.11	151.40	39.75	0.18
1	26	25 años	210.90	950.05	955.39	952.14	955.46	0.000413	1.21	180.95	39.75	0.18
1	26	50 años	246.10	950.05	955.90	952.31	955.98	0.000398	1.27	201.30	39.80	0.18
1	26	100 años	281.00	950.05	956.38	952.48	956.47	0.000387	1.33	220.30	39.80	0.18
1	25	5 años	126.10	949.38	953.84	951.73	953.95	0.000966	1.40	90.15	29.24	0.25
1	25	10 años	163.70	949.38	954.54	952.00	954.66	0.000848	1.49	111.84	32.72	0.24
1	25	25 años	210.90	949.38	955.29	952.31	955.41	0.000779	1.61	138.18	38.88	0.24
1	25	50 años	246.10	949.38	955.80	952.51	955.94	0.000734	1.67	159.20	43.22	0.23

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	25	100 años	281.00	949.38	956.28	952.69	956.42	0.000693	1.72	180.84	46.69	0.23
1	24	5 años	126.10	948.79	953.12	951.24	953.44	0.002991	2.51	51.63	15.27	0.40
1	24	10 años	163.70	948.79	953.81	951.68	954.19	0.002905	2.75	62.73	16.40	0.40
1	24	25 años	210.90	948.79	954.50	952.17	954.96	0.002990	3.05	74.05	16.50	0.42
1	24	50 años	246.10	948.79	954.97	952.55	955.49	0.003044	3.26	81.80	16.50	0.43
1	24	100 años	281.00	948.79	955.41	952.90	955.98	0.003094	3.44	89.00	16.50	0.44
1	23	5 años	126.10	948.70	953.06	951.26	953.19	0.001314	1.57	80.85	28.36	0.29
1	23	10 años	163.70	948.70	953.82	951.57	953.95	0.001034	1.62	102.71	29.41	0.27
1	23	25 años	210.90	948.70	954.56	951.92	954.71	0.000931	1.74	124.89	30.44	0.26
1	23	50 años	246.10	948.70	955.07	952.14	955.23	0.000881	1.82	140.48	31.14	0.26
1	23	100 años	281.00	948.70	955.54	952.31	955.72	0.000844	1.89	155.28	31.50	0.26
1	22	5 años	126.10	948.33	952.95	950.55	953.07	0.000961	1.54	83.89	24.72	0.25
1	22	10 años	163.70	948.33	953.72	950.90	953.86	0.000861	1.64	103.80	27.18	0.25
1	22	25 años	210.90	948.33	954.46	951.27	954.62	0.000846	1.80	124.77	29.55	0.25
1	22	50 años	246.10	948.33	954.97	951.52	955.14	0.000834	1.90	140.12	31.17	0.25
1	22	100 años	281.00	948.33	955.44	951.75	955.63	0.000822	1.99	155.18	32.68	0.25
1	21	5 años	126.10	948.10	952.85	950.51	952.98	0.000948	1.65	84.76	26.31	0.26
1	21	10 años	163.70	948.10	953.62	950.87	953.77	0.000853	1.76	106.11	28.50	0.25
1	21	25 años	210.90	948.10	954.37	951.25	954.54	0.000845	1.93	127.99	30.57	0.26
1	21	50 años	246.10	948.10	954.87	951.52	955.06	0.000836	2.03	143.85	31.99	0.26
1	21	100 años	281.00	948.10	955.35	951.77	955.55	0.000824	2.12	159.12	32.43	0.26
1	20	5 años	126.10	948.28	952.79	950.21	952.88	0.000731	1.36	95.80	30.21	0.23
1	20	10 años	163.70	948.28	953.58	950.58	953.68	0.000629	1.44	120.87	33.04	0.22
1	20	25 años	210.90	948.28	954.33	950.97	954.45	0.000607	1.57	146.60	35.72	0.22
1	20	50 años	246.10	948.28	954.84	951.25	954.97	0.000592	1.65	165.35	37.54	0.22
1	20	100 años	281.00	948.28	955.32	951.45	955.46	0.000578	1.71	183.48	38.29	0.22
1	19	5 años	126.10	947.26	952.79	949.12	952.82	0.000202	0.72	176.21	49.83	0.12
1	19	10 años	163.70	947.26	953.59	949.39	953.62	0.000180	0.77	219.16	57.44	0.11
1	19	25 años	210.90	947.26	954.35	949.68	954.39	0.000175	0.84	264.44	60.69	0.12
1	19	50 años	246.10	947.26	954.87	949.88	954.91	0.000172	0.88	296.09	61.40	0.12
1	19	100 años	281.00	947.26	955.35	950.07	955.39	0.000170	0.92	325.74	61.40	0.12

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

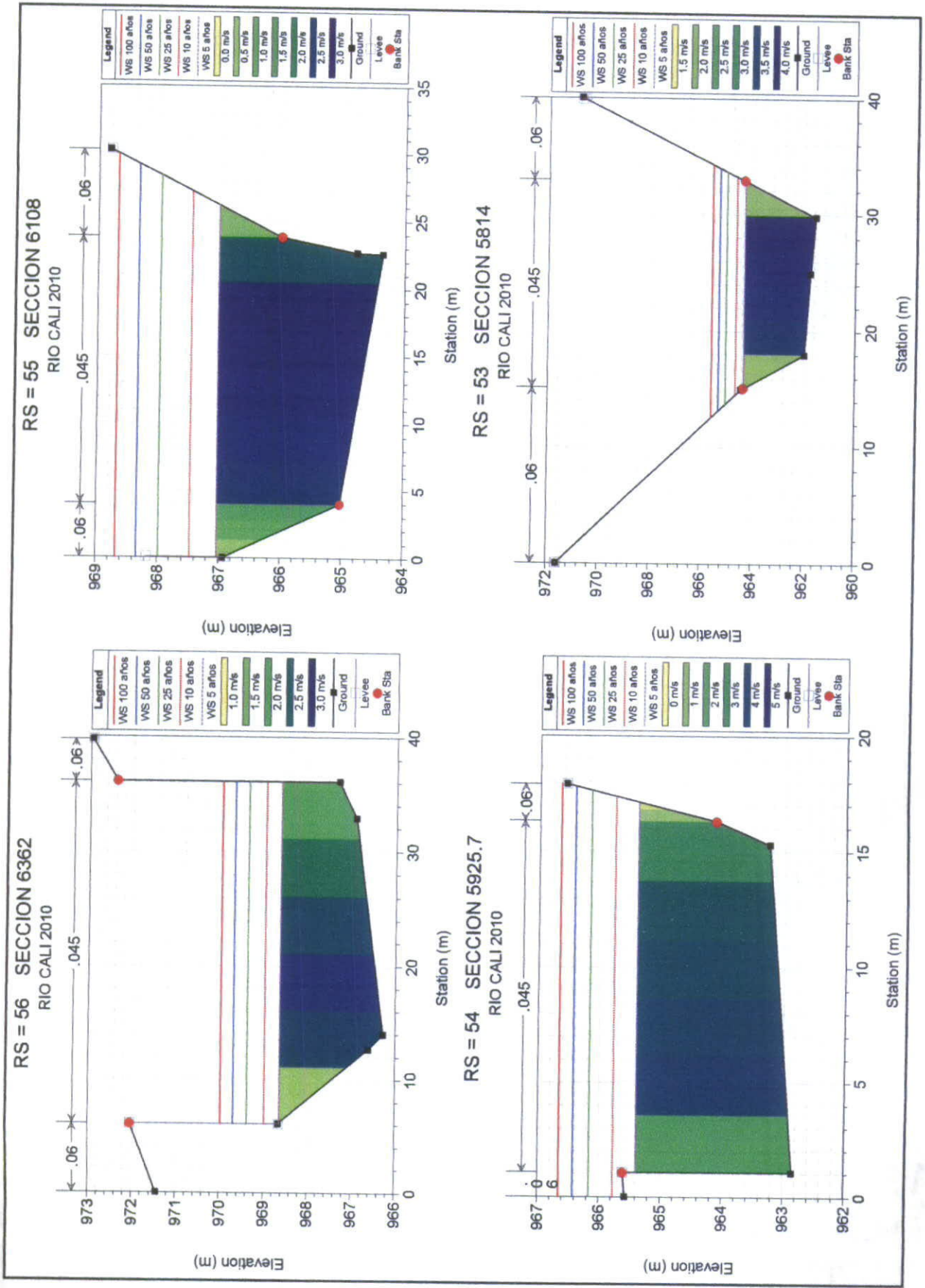
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	18	5 años	126.10	948.24	952.54	950.83	952.76	0.002089	2.17	63.98	22.92	0.36
1	18	10 años	163.70	948.24	953.34	951.22	953.57	0.001705	2.23	83.44	25.66	0.34
1	18	25 años	210.90	948.24	954.07	951.65	954.34	0.001599	2.39	102.83	26.98	0.34
1	18	50 años	246.10	948.24	954.57	951.94	954.86	0.001541	2.50	116.50	27.60	0.33
1	18	100 años	281.00	948.24	955.04	952.22	955.34	0.001496	2.60	129.38	27.60	0.33
1	17	5 años	126.10	947.07	952.44	949.82	952.59	0.001137	1.71	77.62	21.97	0.26
1	17	10 años	163.70	947.07	953.26	950.22	953.42	0.001047	1.84	96.40	24.72	0.26
1	17	25 años	210.90	947.07	953.99	950.65	954.19	0.001073	2.03	115.00	25.87	0.27
1	17	50 años	246.10	947.07	954.49	950.93	954.71	0.001085	2.16	128.05	26.18	0.27
1	17	100 años	281.00	947.07	954.95	951.19	955.20	0.001096	2.27	140.23	26.18	0.28
1	16	5 años	126.10	947.22	952.34	949.14	952.42	0.000536	1.25	103.00	24.83	0.19
1	16	10 años	163.70	947.22	953.15	949.47	953.24	0.000613	1.37	123.59	25.80	0.19
1	16	25 años	210.90	947.22	953.88	949.83	954.00	0.000679	1.54	142.34	25.80	0.20
1	16	50 años	246.10	947.22	954.37	950.08	954.51	0.000723	1.66	155.15	25.80	0.21
1	16	100 años	281.00	947.22	954.84	950.31	954.99	0.000762	1.76	167.09	25.80	0.21
1	15	5 años	126.10	946.44	952.23	949.00	952.34	0.000866	1.52	93.50	21.03	0.21
1	15	10 años	163.70	946.44	953.00	949.44	953.13	0.001560	1.69	109.93	21.10	0.22
1	15	25 años	210.90	946.44	953.70	950.02	953.86	0.001799	1.92	124.69	21.10	0.23
1	15	50 años	246.10	946.44	954.18	950.29	954.37	0.001958	2.07	134.77	21.10	0.24
1	15	100 años	281.00	946.44	954.62	950.55	954.84	0.002103	2.21	144.16	21.10	0.25
1	14	5 años	126.10	948.35	950.89	950.89	951.92	0.019100	4.48	28.13	13.65	1.00
1	14	10 años	163.70	948.35	951.29	951.29	952.50	0.017895	4.88	33.64	14.16	0.99
1	14	25 años	210.90	948.35	951.75	951.75	953.17	0.016682	5.28	40.32	14.76	0.99
1	14	50 años	246.10	948.35	952.07	952.07	953.63	0.016002	5.55	45.11	15.17	0.98
1	14	100 años	281.00	948.35	952.37	952.37	954.06	0.015474	5.79	49.70	15.55	0.98
1	13	5 años	126.10	945.28	949.59	948.26	950.04	0.003946	3.01	44.84	14.54	0.50
1	13	10 años	163.70	945.28	950.27	948.73	950.79	0.003687	3.25	55.21	15.69	0.49
1	13	25 años	210.90	945.28	950.91	949.25	951.54	0.003806	3.61	65.45	16.44	0.51
1	13	50 años	246.10	945.28	951.31	949.58	952.03	0.003950	3.87	72.08	16.64	0.53
1	13	100 años	281.00	945.28	951.68	949.96	952.48	0.004084	4.11	78.26	16.82	0.54
1	12	5 años	126.10	945.51	949.23	947.74	949.48	0.002983	2.25	56.16	17.26	0.40
1	12	10 años	163.70	945.51	949.83	948.07	950.14	0.004509	2.45	66.70	17.30	0.40

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

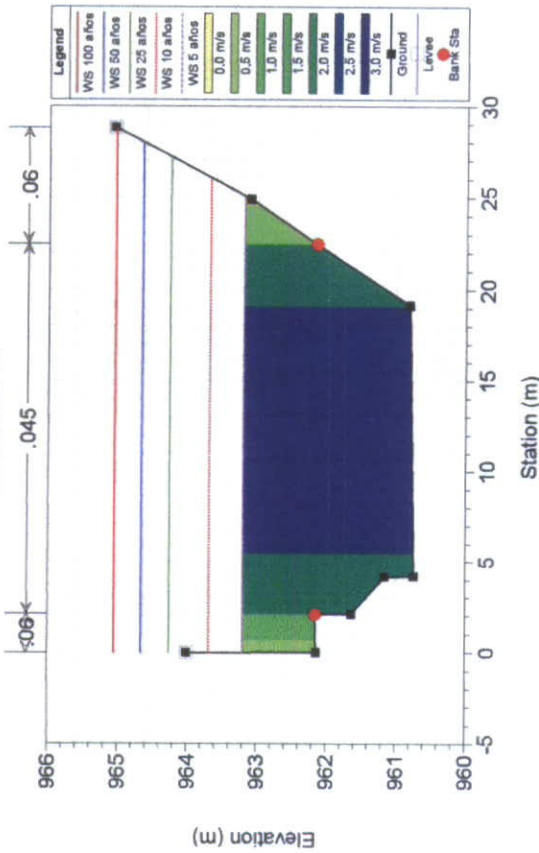
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	12	25 años	210.90	945.51	950.47	948.45	950.85	0.004724	2.71	77.80	17.30	0.41
1	12	50 años	246.10	945.51	950.86	948.73	951.29	0.005023	2.91	84.59	17.30	0.42
1	12	100 años	281.00	945.51	951.22	948.96	951.71	0.005310	3.09	90.84	17.30	0.43
1	11	5 años	126.10	943.64	948.76	947.37	949.05	0.003796	2.38	53.47	19.34	0.44
1	11	10 años	163.70	943.64	949.23	947.80	949.59	0.004020	2.66	62.73	20.34	0.46
1	11	25 años	210.90	943.64	949.84	948.22	950.25	0.004491	2.89	75.52	21.69	0.46
1	11	50 años	246.10	943.64	950.22	948.50	950.68	0.004560	3.06	83.90	22.51	0.46
1	11	100 años	281.00	943.64	950.57	948.76	951.08	0.004592	3.21	92.06	22.80	0.47
1	10	5 años	126.10	944.99	948.52	947.63	948.84	0.004370	2.55	52.62	22.95	0.50
1	10	10 años	163.70	944.99	949.02	947.95	949.38	0.003997	2.74	64.50	23.95	0.49
1	10	25 años	210.90	944.99	949.65	948.33	950.05	0.003514	2.90	79.46	23.95	0.48
1	10	50 años	246.10	944.99	950.03	948.56	950.48	0.003408	3.05	88.73	23.95	0.48
1	10	100 años	281.00	944.99	950.40	948.79	950.88	0.003331	3.18	97.42	23.95	0.48
1	9	5 años	126.10	943.89	948.48	946.47	948.57	0.000838	1.39	96.42	35.09	0.24
1	9	10 años	163.70	943.89	949.00	946.75	949.11	0.000843	1.54	114.92	35.83	0.25
1	9	25 años	210.90	943.89	949.65	947.04	949.78	0.000813	1.68	138.65	36.70	0.25
1	9	50 años	246.10	943.89	950.05	947.26	950.21	0.000817	1.78	153.52	36.70	0.26
1	9	100 años	281.00	943.89	950.43	947.46	950.60	0.000820	1.88	167.47	36.70	0.26
1	8	5 años	126.10	943.53	948.38	946.31	948.45	0.000770	1.22	103.48	33.52	0.22
1	8	10 años	163.70	943.53	948.90	946.58	948.99	0.000787	1.36	120.97	33.52	0.23
1	8	25 años	210.90	943.53	949.56	946.87	949.67	0.000767	1.48	143.07	33.60	0.23
1	8	50 años	246.10	943.53	949.96	947.06	950.09	0.000783	1.58	156.67	33.60	0.23
1	8	100 años	281.00	943.53	950.34	947.22	950.48	0.000798	1.67	169.43	33.60	0.24
1	7	5 años	126.10	944.78	947.70	947.00	948.20	0.007067	3.15	40.30	16.35	0.62
1	7	10 años	163.70	944.78	948.08	947.36	948.72	0.007715	3.56	46.67	16.93	0.66
1	7	25 años	210.90	944.78	948.65	947.80	949.39	0.008209	3.82	56.63	17.80	0.65
1	7	50 años	246.10	944.78	948.95	948.09	949.79	0.008654	4.10	61.96	18.24	0.67
1	7	100 años	281.00	944.78	949.23	948.37	950.17	0.009012	4.34	67.13	18.67	0.68
1	6	5 años	126.10	944.30	946.87	946.44	947.39	0.008913	3.24	40.17	20.33	0.70
1	6	10 años	163.70	944.30	947.23	946.77	947.87	0.009031	3.57	47.80	21.14	0.71
1	6	25 años	210.90	944.30	947.73	947.10	948.44	0.010464	3.78	58.65	22.26	0.69
1	6	50 años	246.10	944.30	948.03	947.46	948.81	0.010413	3.98	65.35	22.54	0.69

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: 1 (Continued)

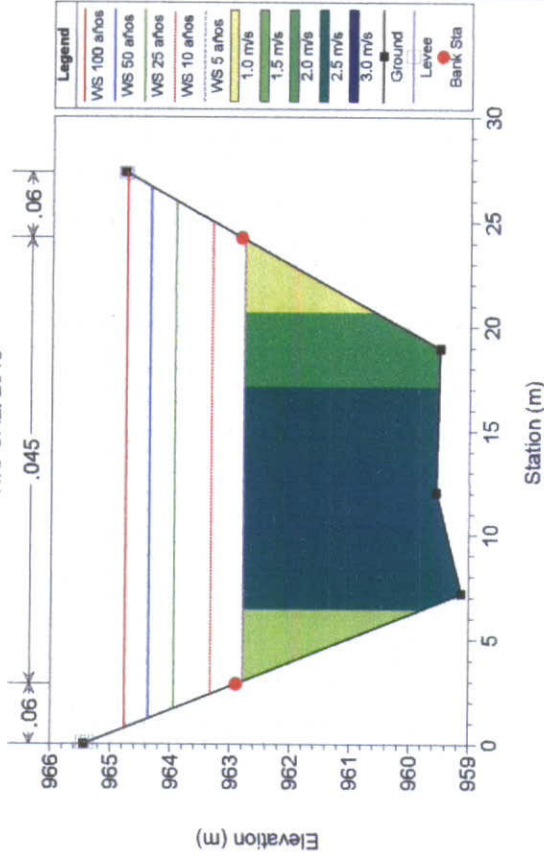
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	6	100 años	281.00	944.30	948.29	947.66	949.15	0.010611	4.20	71.30	22.60	0.70
1	5	5 años	126.10	942.58	945.92	944.59	946.09	0.002050	1.80	73.34	34.65	0.35
1	5	10 años	163.70	942.58	946.32	944.84	946.52	0.002096	2.00	87.17	34.96	0.37
1	5	25 años	210.90	942.58	946.76	945.17	947.00	0.002145	2.21	102.66	35.30	0.38
1	5	50 años	246.10	942.58	947.06	945.38	947.34	0.002203	2.37	113.46	35.60	0.39
1	5	100 años	281.00	942.58	947.35	945.63	947.65	0.002219	2.49	123.70	35.82	0.40
1	4	5 años	126.10	942.52	945.56	944.61	945.79	0.003982	2.15	58.74	29.08	0.48
1	4	10 años	163.70	942.52	945.95	944.90	946.23	0.003730	2.33	70.47	30.36	0.48
1	4	25 años	210.90	942.52	946.38	945.23	946.71	0.003566	2.54	83.84	31.64	0.48
1	4	50 años	246.10	942.52	946.68	945.47	947.05	0.003454	2.68	93.54	32.54	0.48
1	4	100 años	281.00	942.52	946.97	945.67	947.36	0.003352	2.80	102.97	33.39	0.48
1	3	5 años	126.10	942.18	944.97	944.28	945.34	0.006469	2.71	46.55	23.31	0.61
1	3	10 años	163.70	942.18	945.35	944.63	945.79	0.006463	2.94	55.76	24.62	0.62
1	3	25 años	210.90	942.18	945.78	945.01	946.29	0.006023	3.18	66.65	26.09	0.62
1	3	50 años	246.10	942.18	946.08	945.25	946.64	0.005743	3.33	74.65	27.11	0.61
1	3	100 años	281.00	942.18	946.37	945.45	946.97	0.005502	3.46	82.51	28.08	0.61
1	2	5 años	126.10	941.40	944.65	943.57	944.84	0.002861	1.90	66.28	28.91	0.40
1	2	10 años	163.70	941.40	945.06	943.81	945.28	0.002789	2.10	78.23	29.44	0.41
1	2	25 años	210.90	941.40	945.53	944.09	945.80	0.002711	2.30	92.14	29.74	0.41
1	2	50 años	246.10	941.40	945.86	944.30	946.16	0.002664	2.43	101.83	29.85	0.42
1	2	100 años	281.00	941.40	946.16	944.48	946.49	0.002625	2.55	110.96	29.95	0.42
1	1	5 años	126.10	941.65	944.41	943.22	944.57	0.002332	1.80	69.91	29.54	0.37
1	1	10 años	163.70	941.65	944.82	943.47	945.02	0.002335	1.99	82.24	29.99	0.38
1	1	25 años	210.90	941.65	945.30	943.75	945.54	0.002332	2.19	96.61	30.49	0.39
1	1	50 años	246.10	941.65	945.63	943.95	945.90	0.002330	2.32	106.72	30.87	0.39
1	1	100 años	281.00	941.65	945.93	944.13	946.24	0.002330	2.44	116.40	31.44	0.39



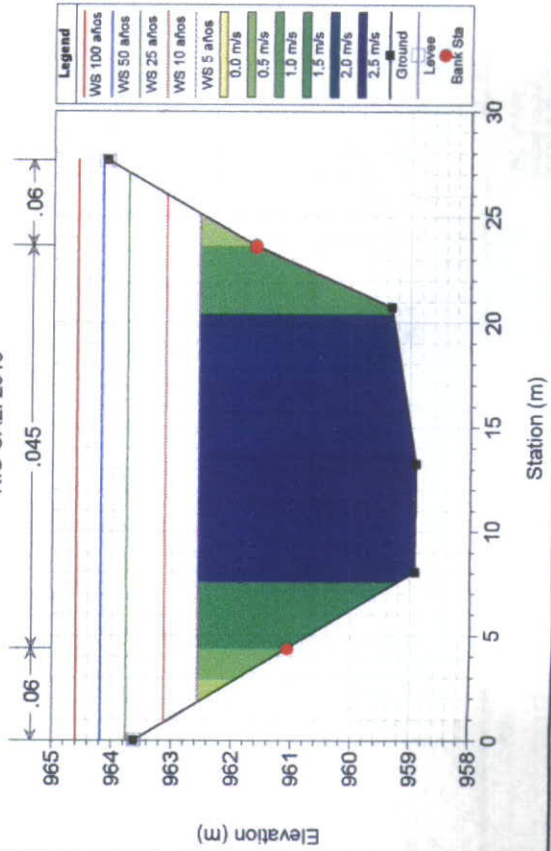
RS = 52 SECCION 5614 CANAL CALLE 34
RIO CALI 2010



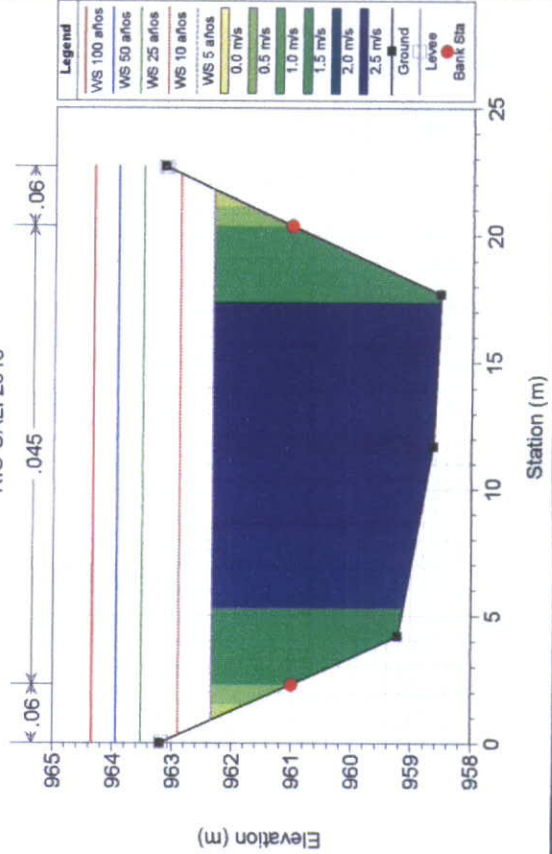
RS = 51 SECCION 5500
RIO CALI 2010



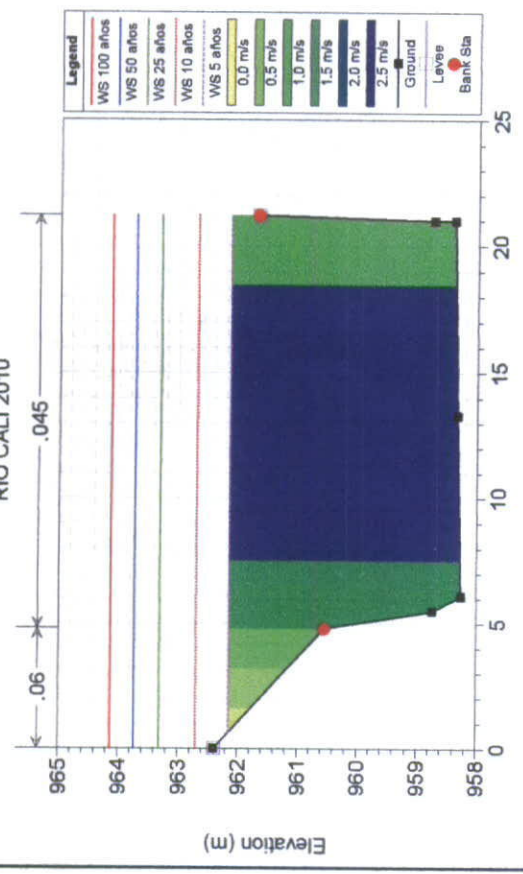
RS = 50 SECCION 5400
RIO CALI 2010



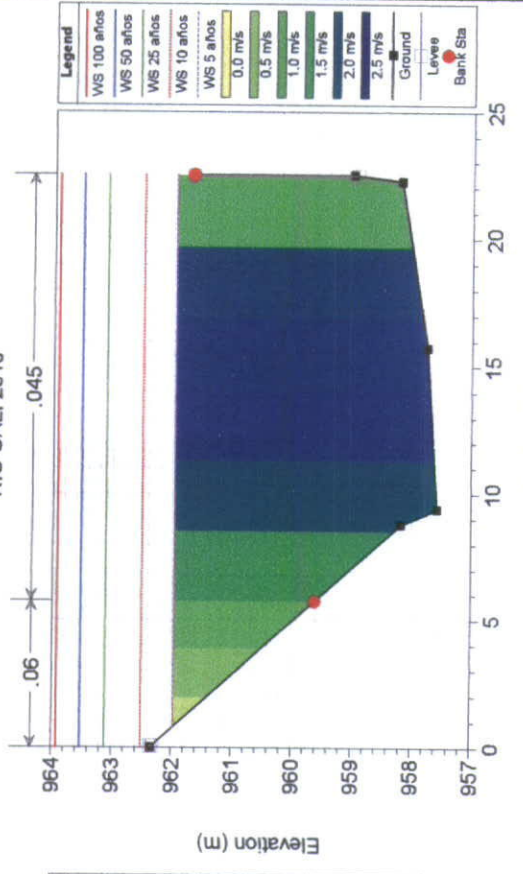
RS = 49 SECCION 5300
RIO CALI 2010



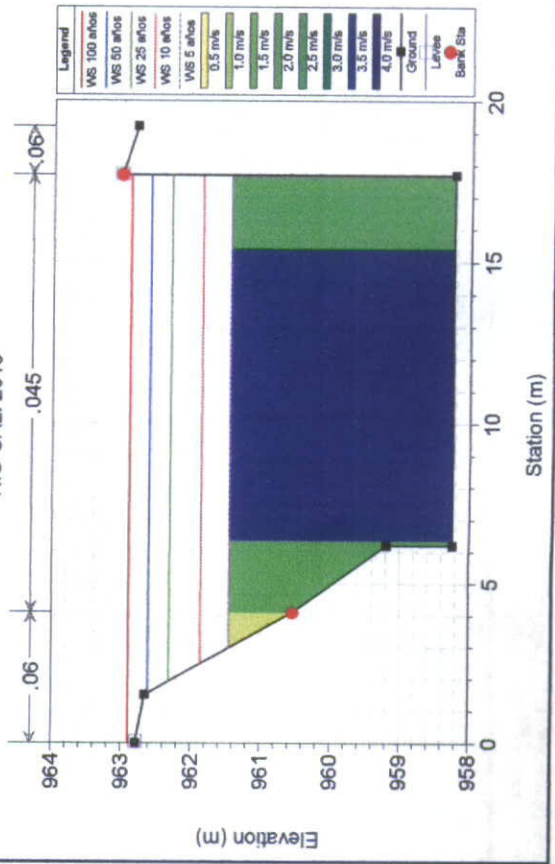
RS = 48 SECCION 5200
RIO CALI 2010



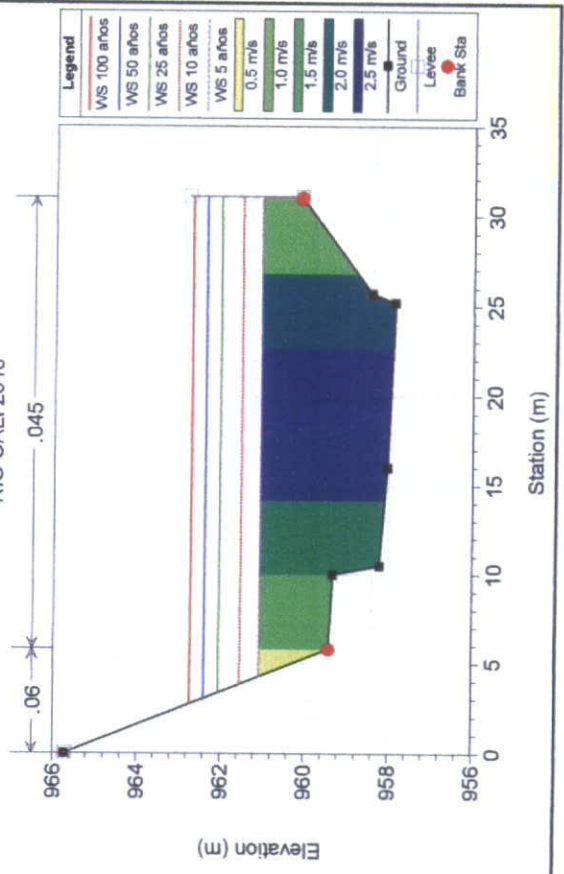
RS = 47 SECCION 5100
RIO CALI 2010



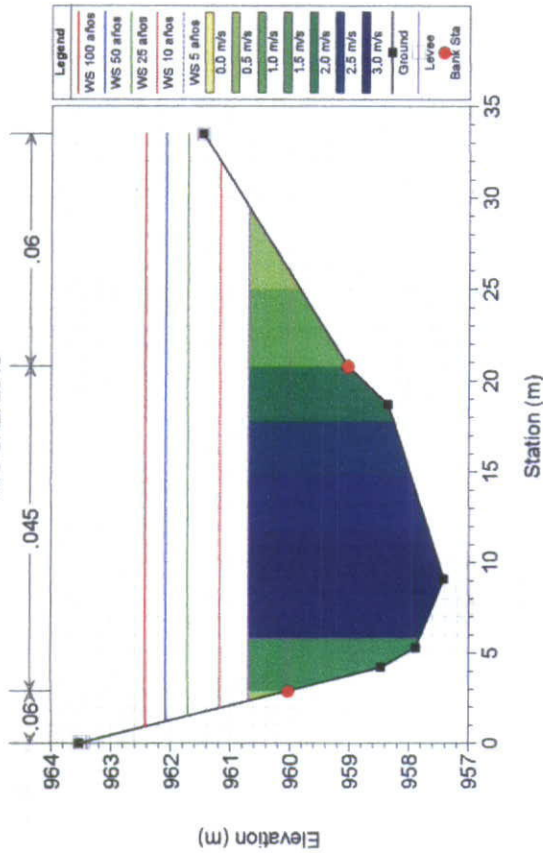
RS = 46 SECCION 5055.30
RIO CALI 2010



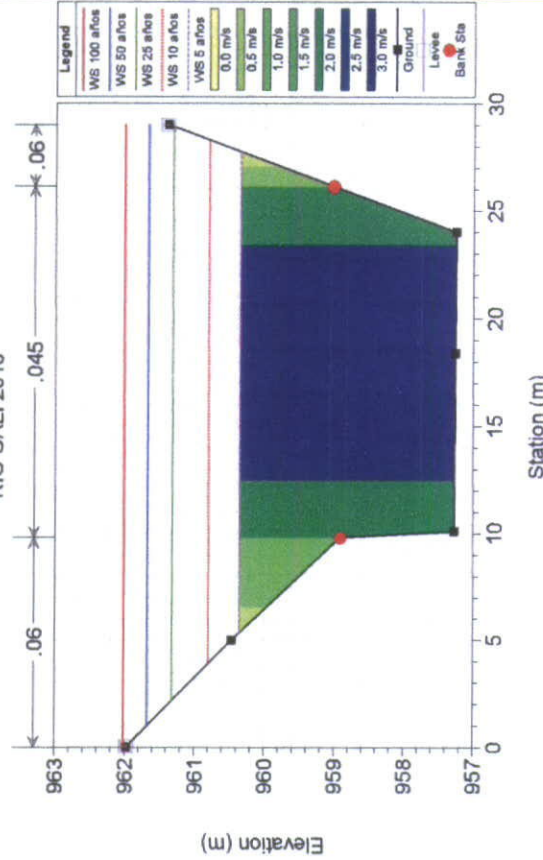
RS = 45 SECCION 4900
RIO CALI 2010



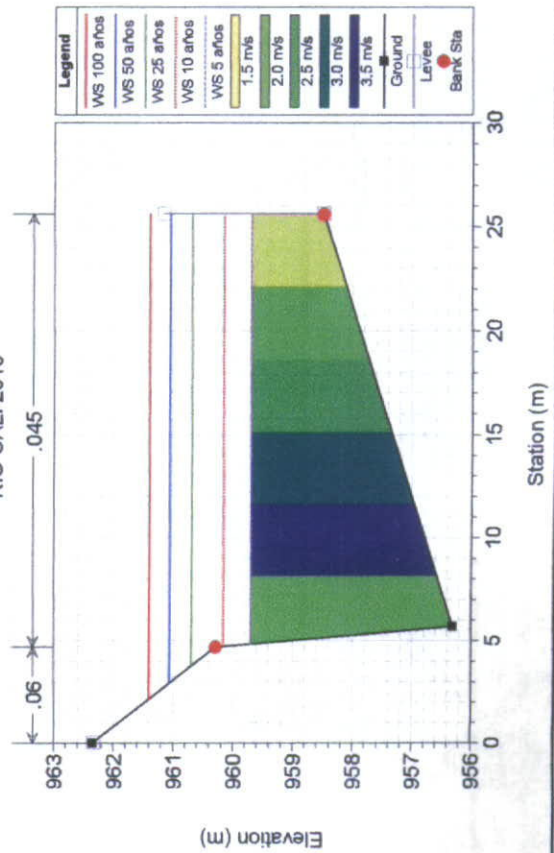
RS = 44 SECCION 4817.60
RIO CALI 2010



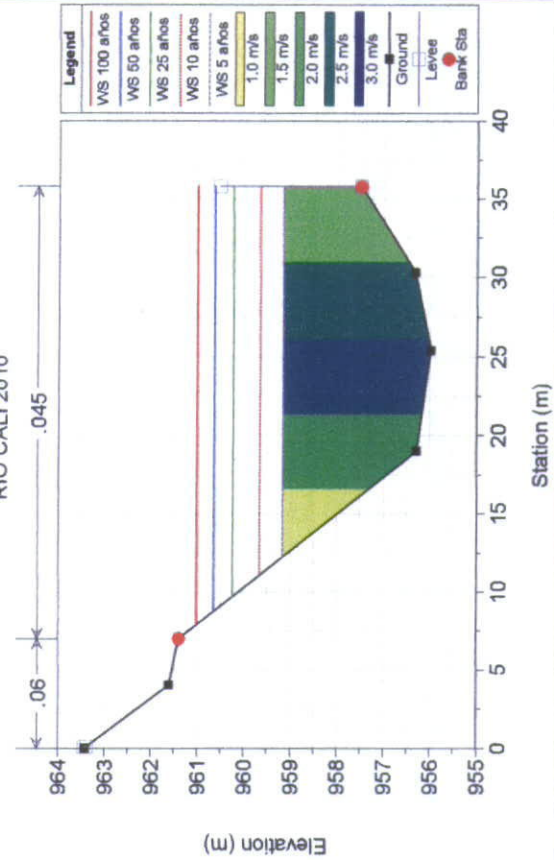
RS = 43 SECCION 4730
RIO CALI 2010



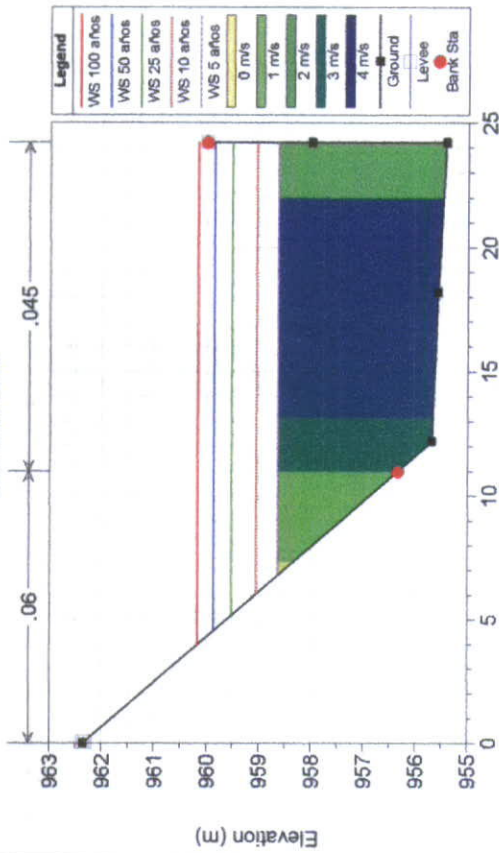
RS = 42 SECCION 4600
RIO CALI 2010



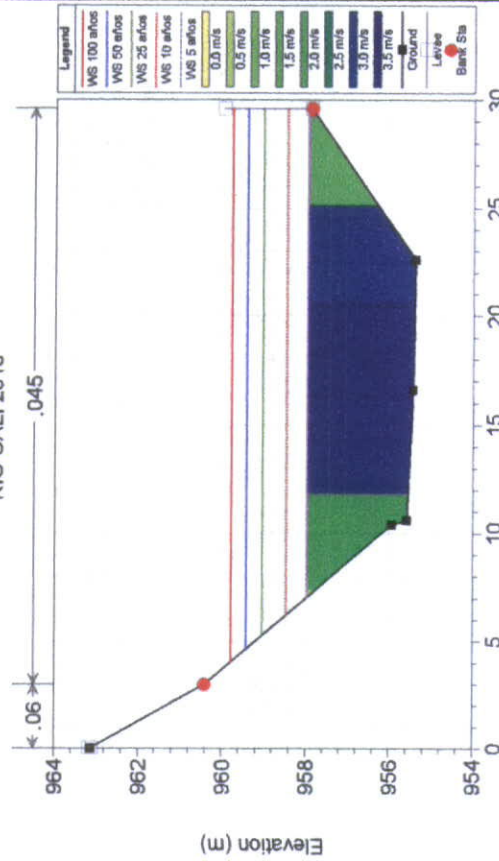
RS = 41 SECCION 4470 CANAL CALLE 46
RIO CALI 2010



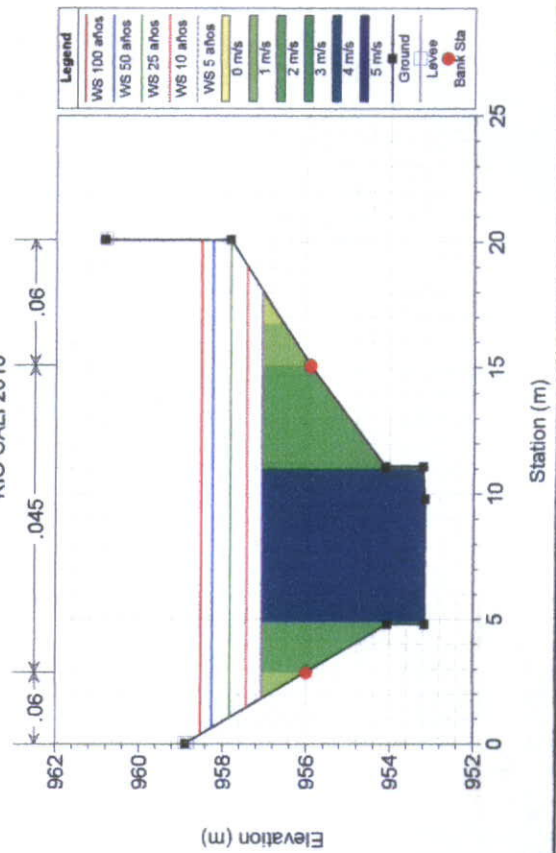
RS = 40 SECCION 4400
RIO CALI 2010



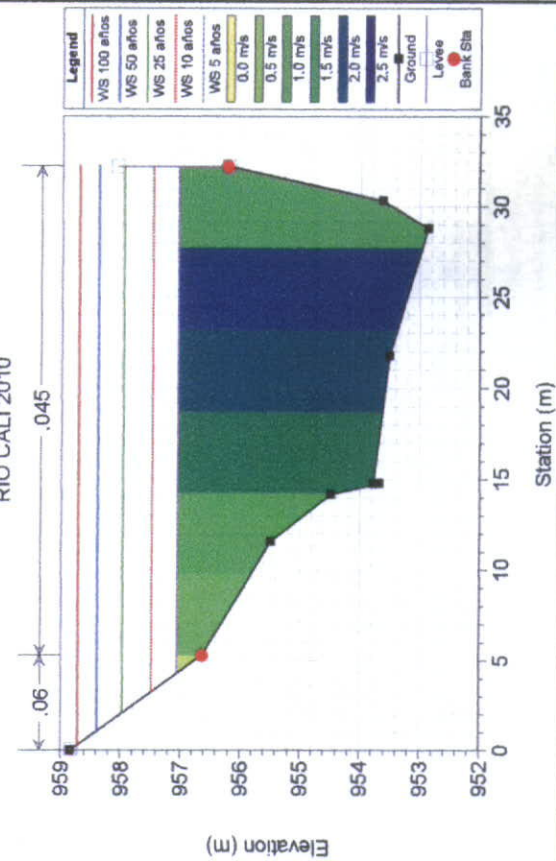
RS = 39 SECCION 4300
RIO CALI 2010



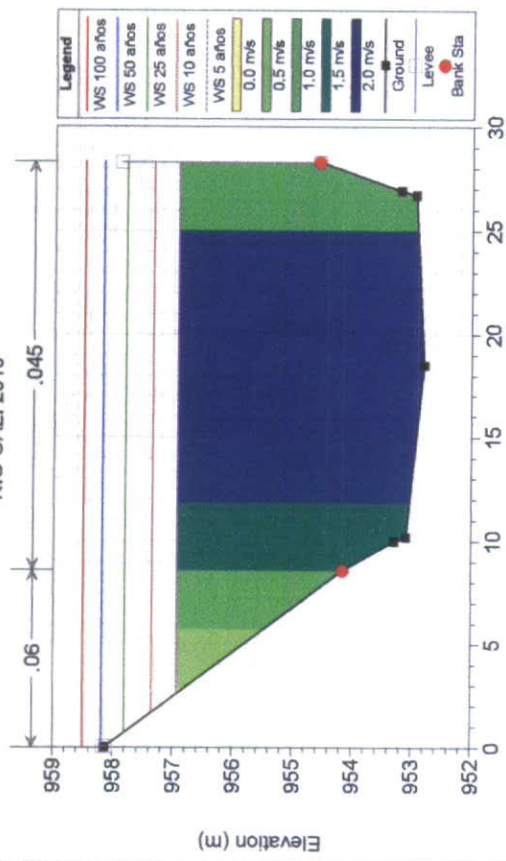
RS = 38 SECCION 4200
RIO CALI 2010



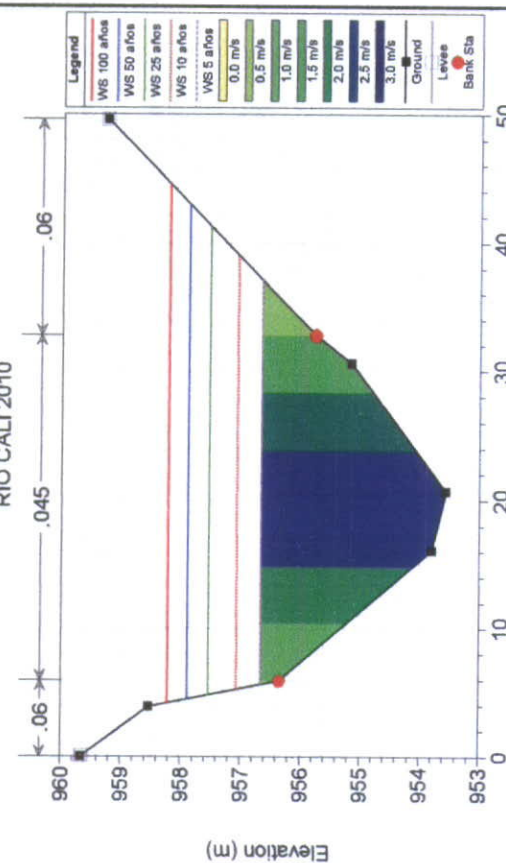
RS = 37 SECCION 4100
RIO CALI 2010



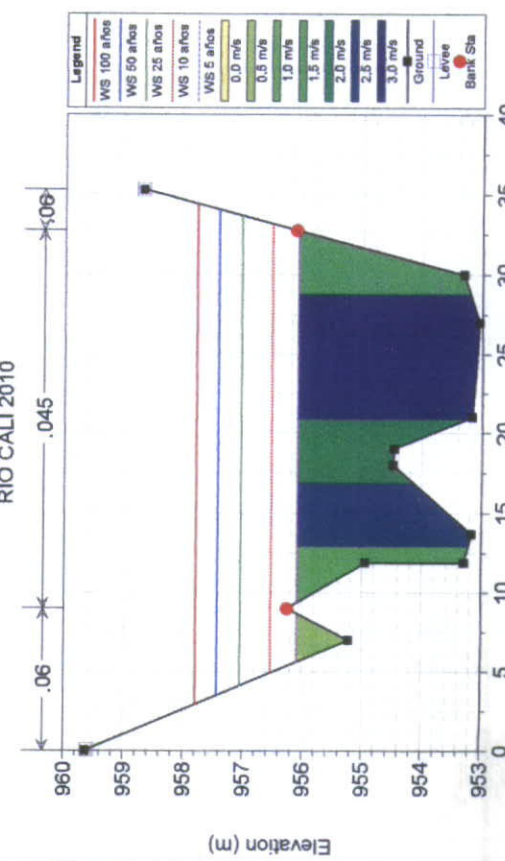
RS = 36 SECCION 4000
RIO CALI 2010



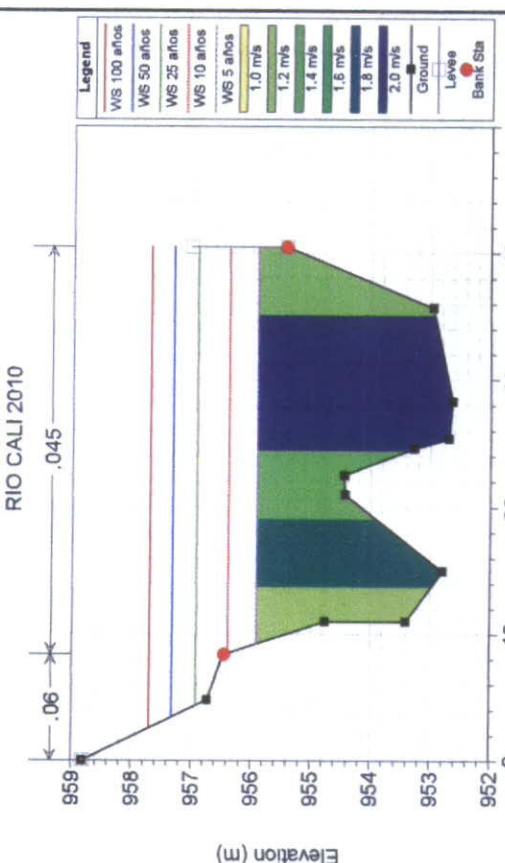
RS = 35 SECCION 3929.8 CANAL CALLE 52
RIO CALI 2010



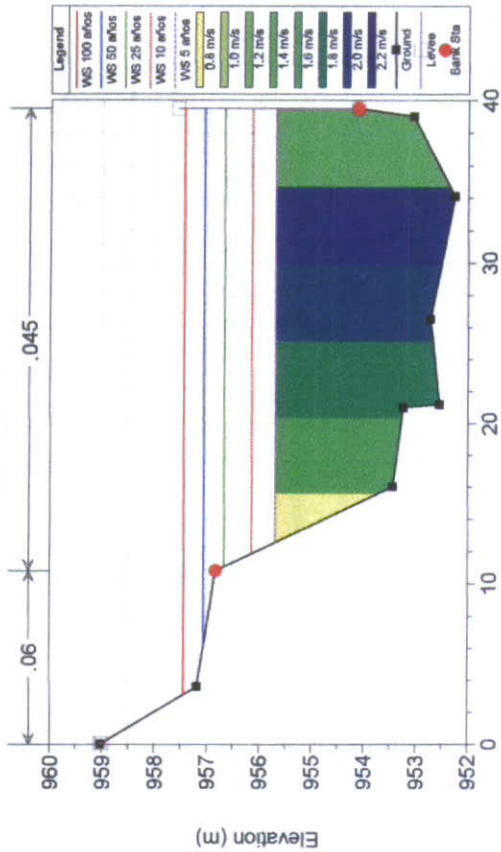
RS = 34 SECCION 3800
RIO CALI 2010



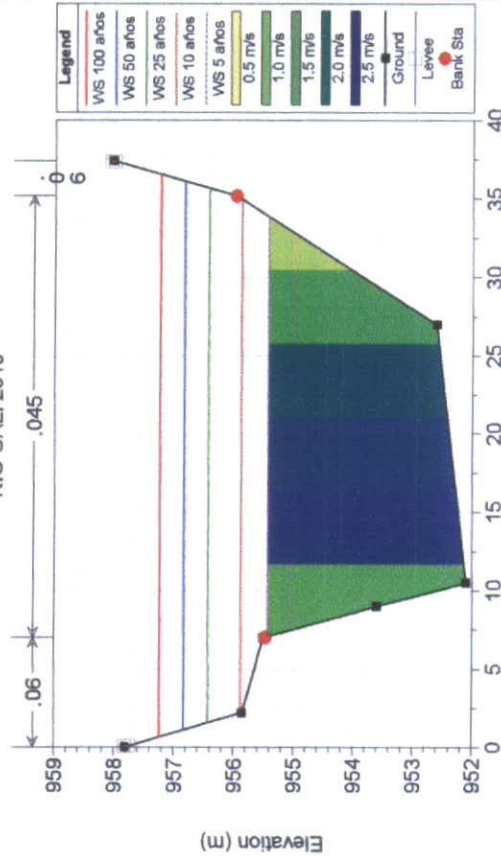
RS = 33 SECCION 3700
RIO CALI 2010



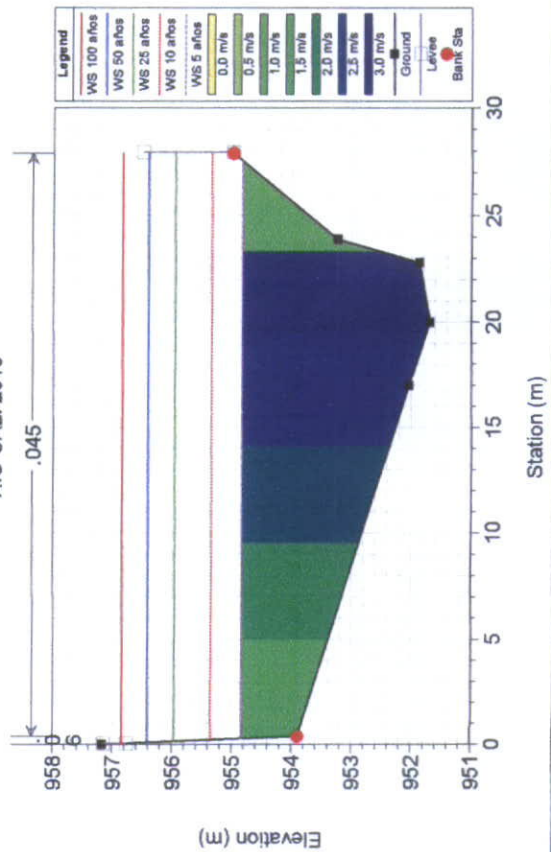
RS = 32 SECCION 3600
RIO CALI 2010



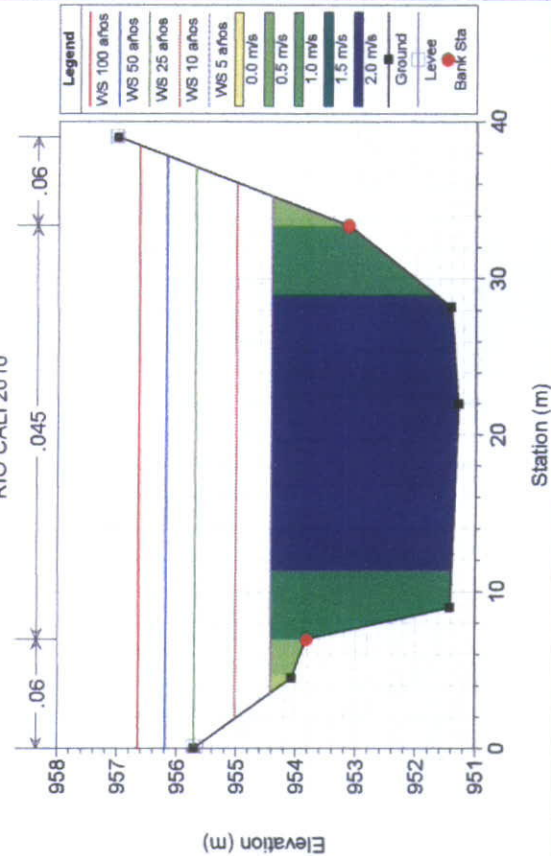
RS = 31 SECCION 3500
RIO CALI 2010



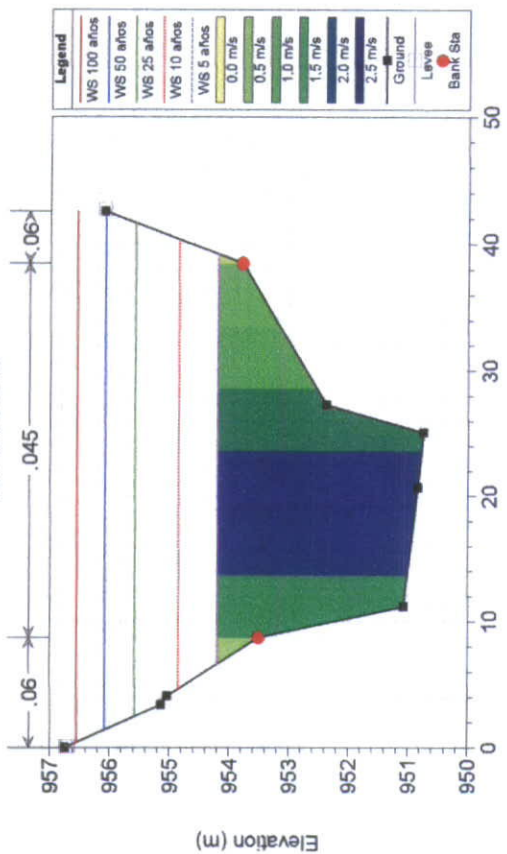
RS = 30 SECCION 3360
RIO CALI 2010



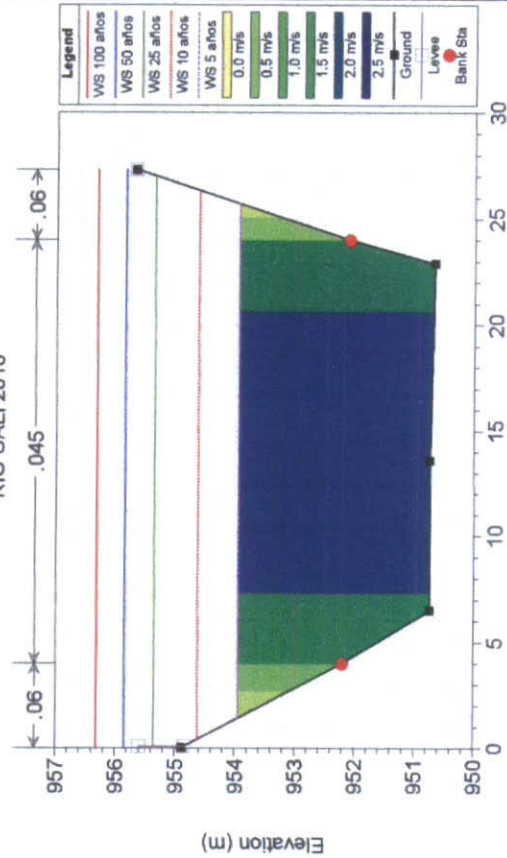
RS = 29 SECCION 3200
RIO CALI 2010



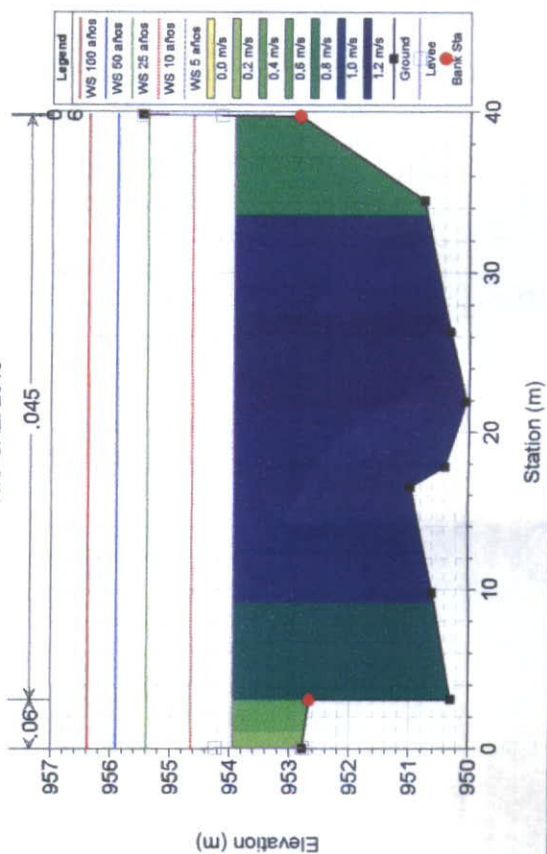
RS = 28 SECCION 3100
RIO CALI 2010



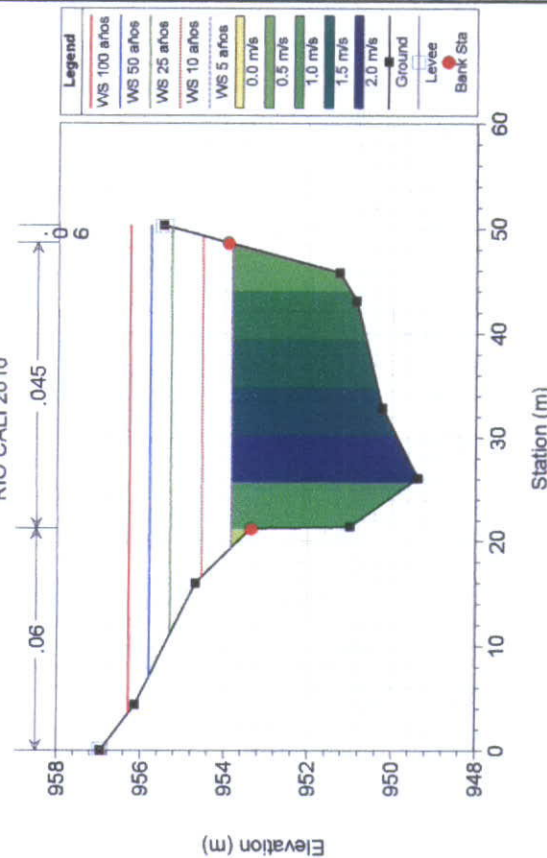
RS = 27 SECCION 3000
RIO CALI 2010



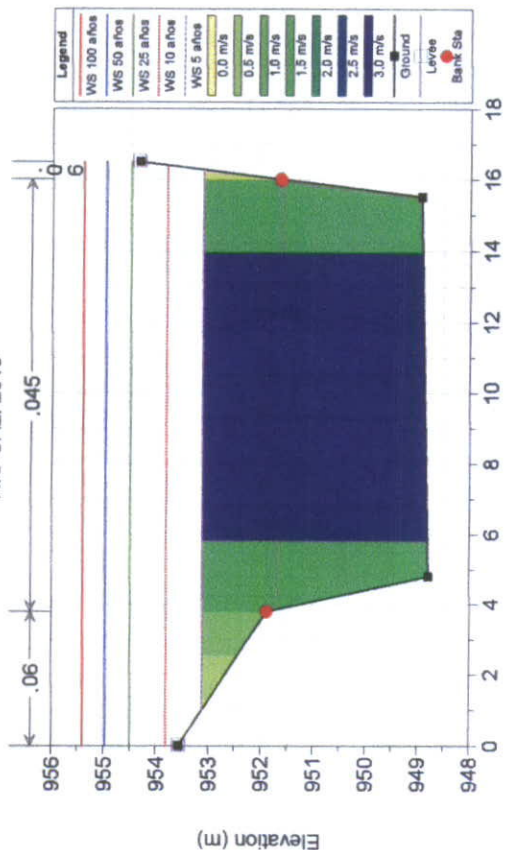
RS = 26 SECCION 2879 CANAL MENGA
RIO CALI 2010



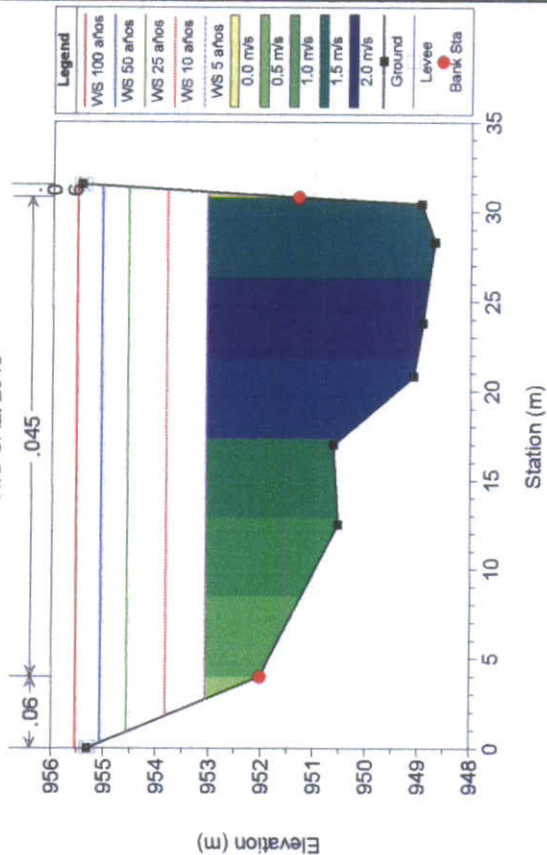
RS = 25 SECCION 2802
RIO CALI 2010



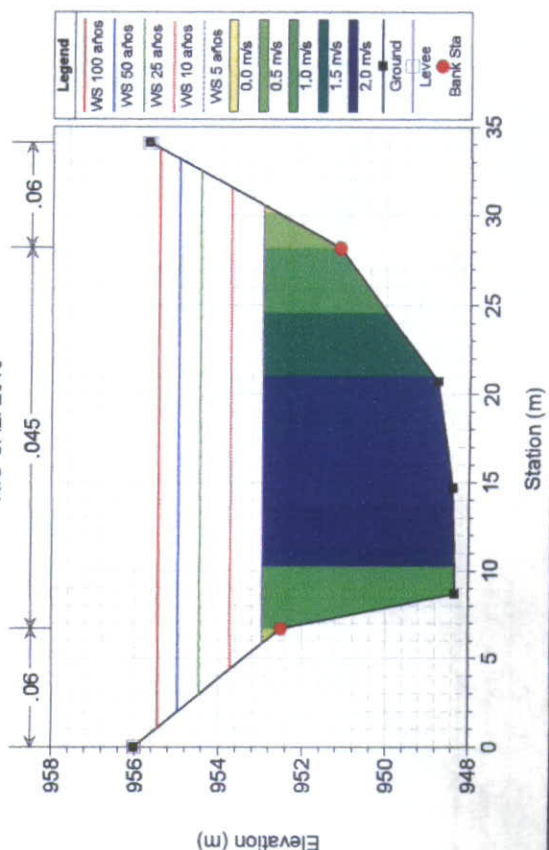
RS = 24 SECCION 2500
RIO CALI 2010



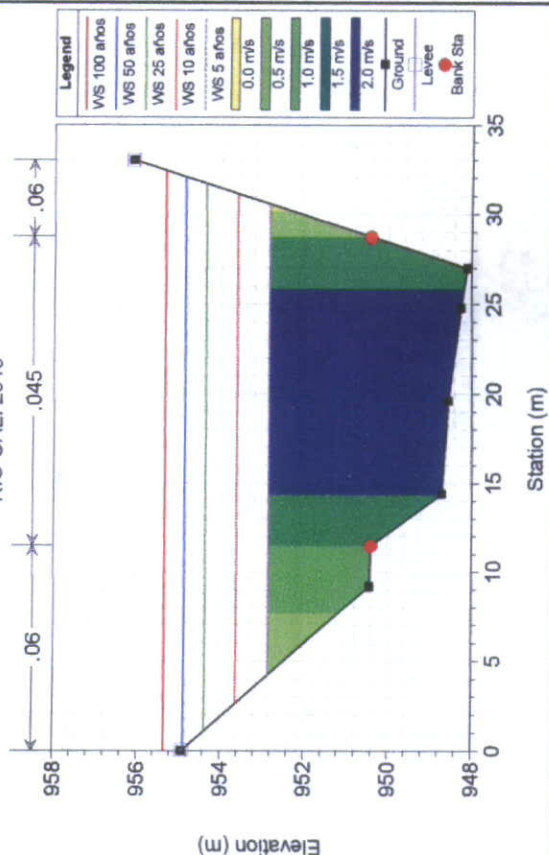
RS = 23 SECCION 2400
RIO CALI 2010

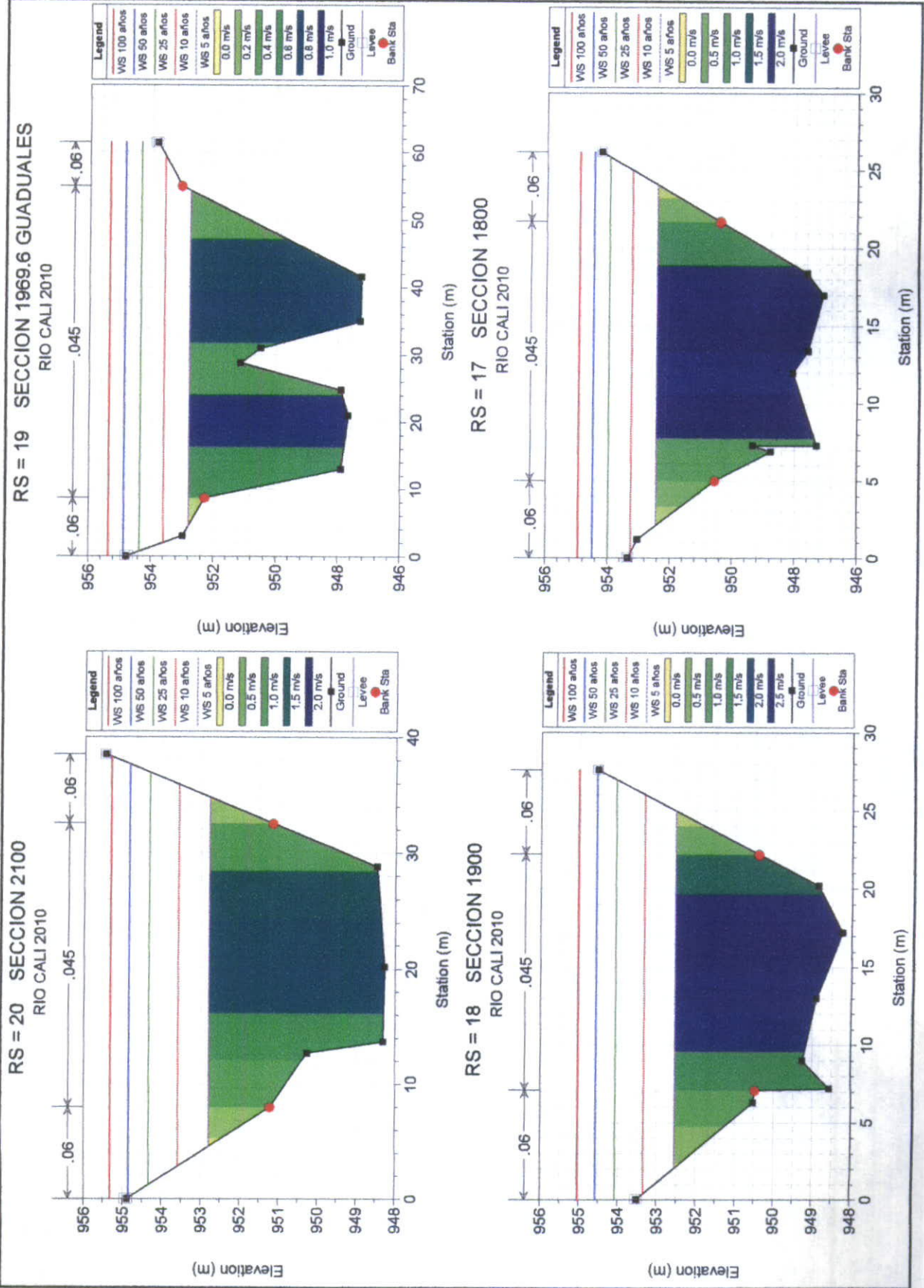


RS = 22 SECCION 2300
RIO CALI 2010

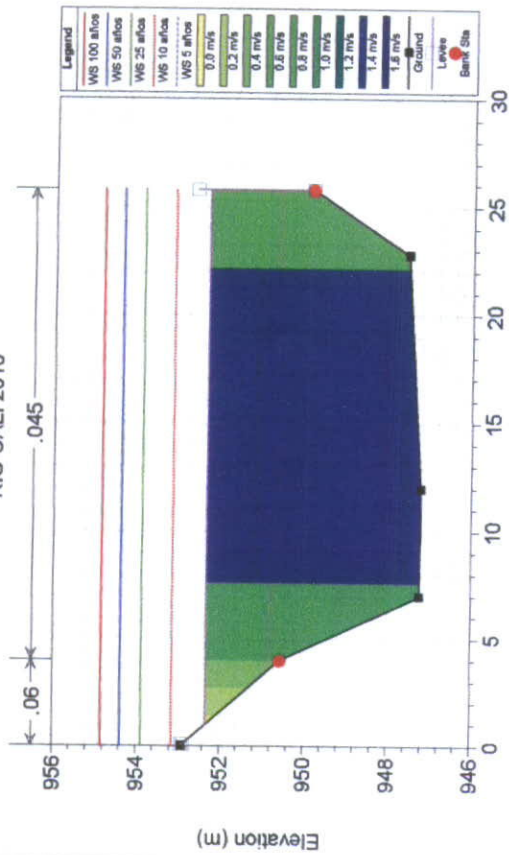


RS = 21 SECCION 2200
RIO CALI 2010

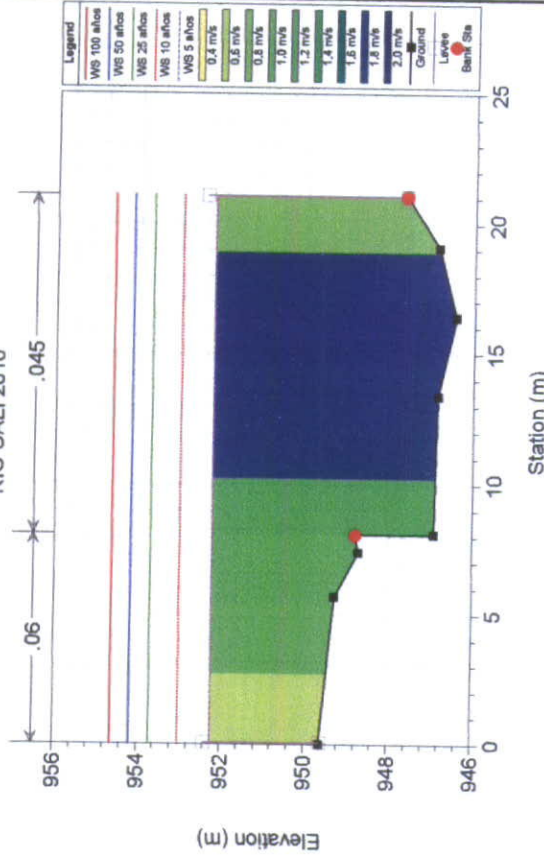




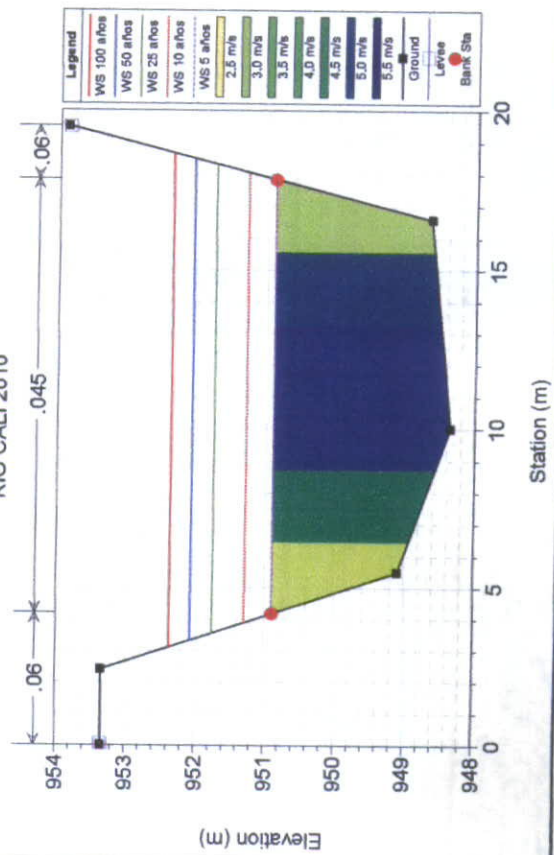
RS = 16 seccion 1600
RIO CALI 2010



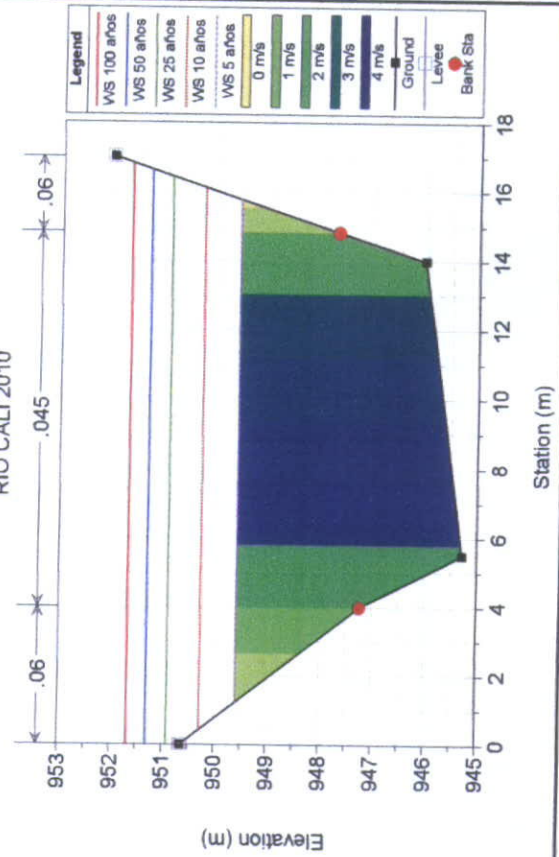
RS = 15 SECCION 1481.2
RIO CALI 2010



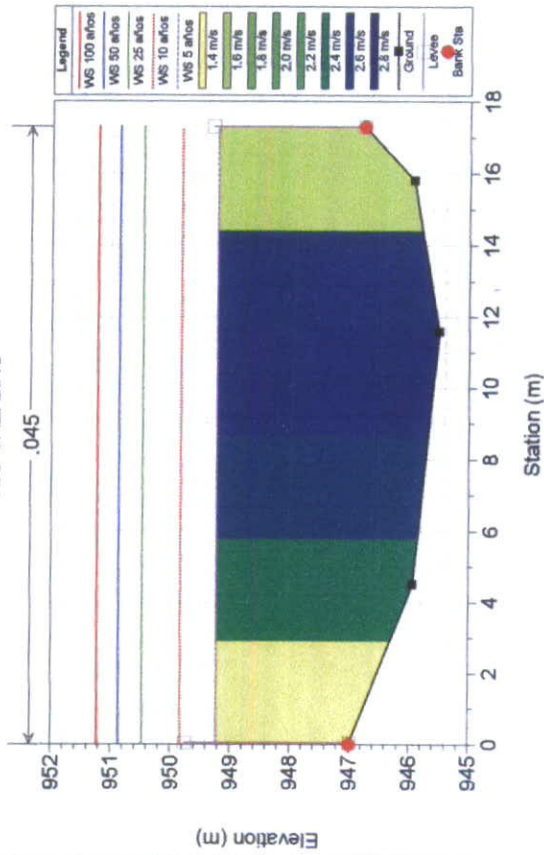
RS = 14 SECCION 1343.3
RIO CALI 2010



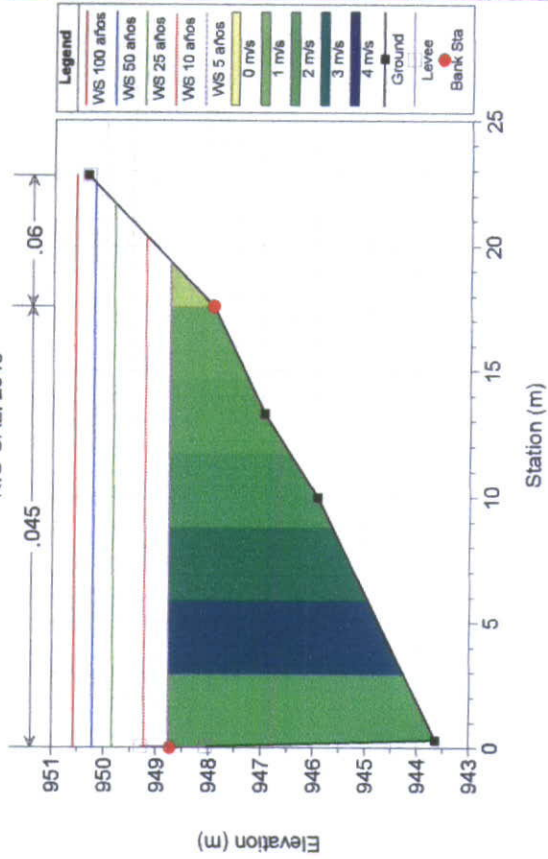
RS = 13 SECCION 1200
RIO CALI 2010



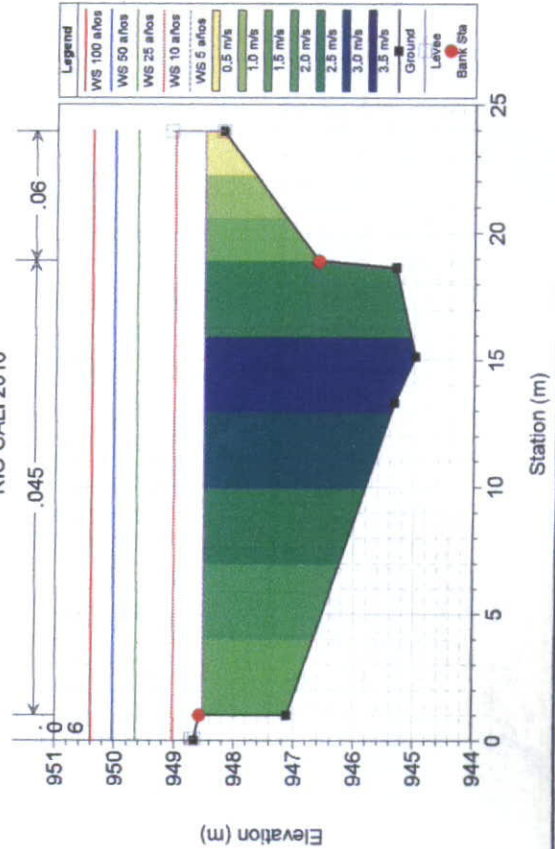
RS = 12 SECCION 1074
RIO CALI 2010



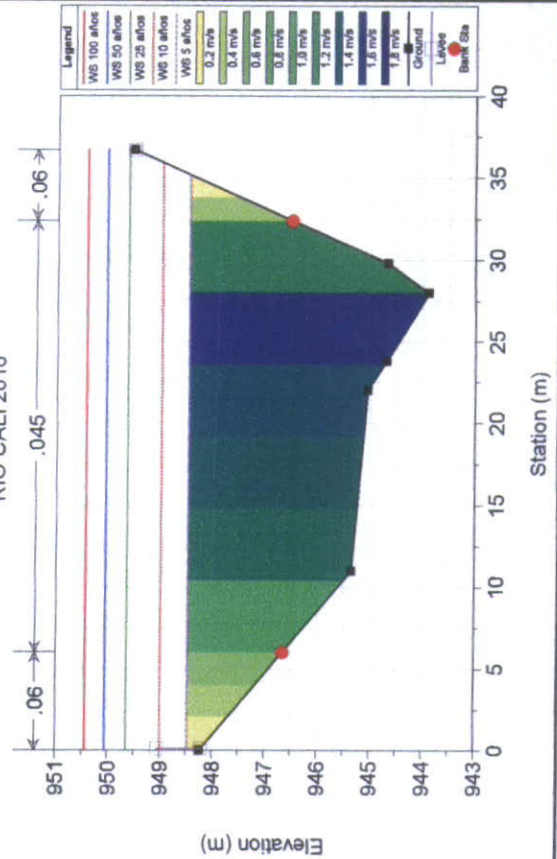
RS = 11 SECCION 939.3
RIO CALI 2010



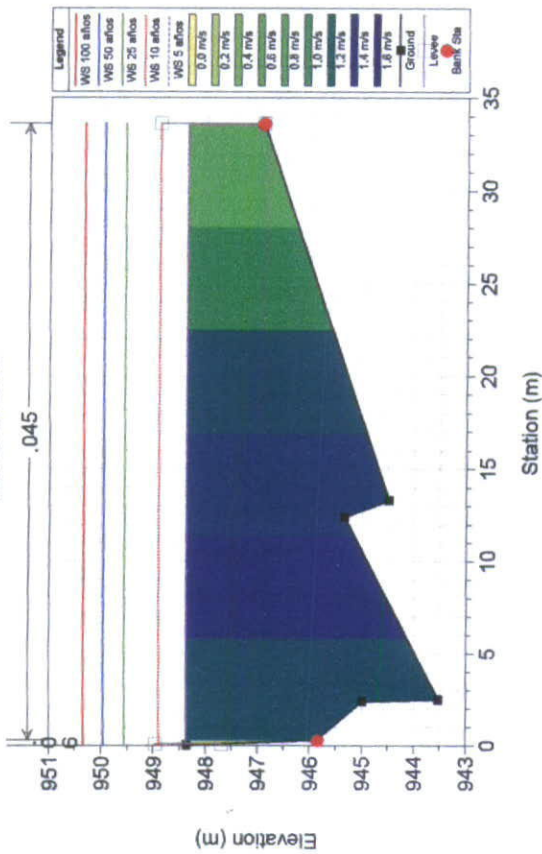
RS = 10 SECCION 900
RIO CALI 2010



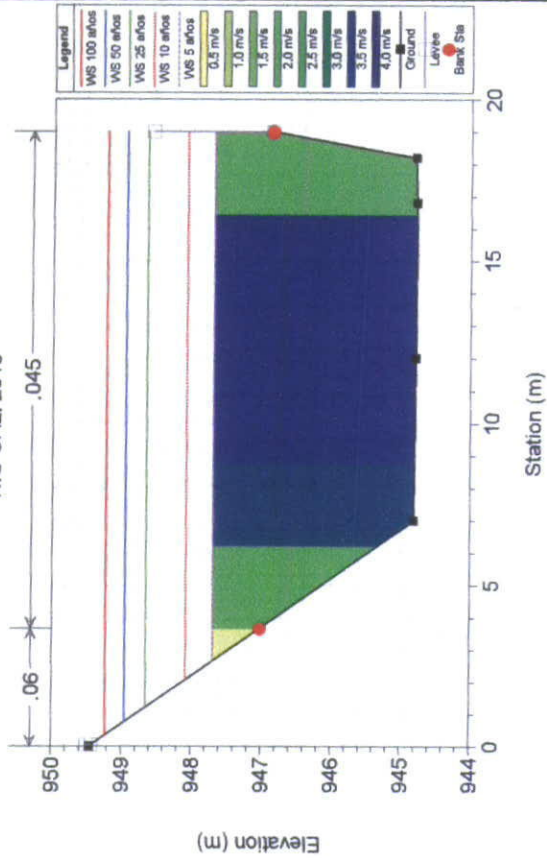
RS = 9 SECCION 774.5
RIO CALI 2010



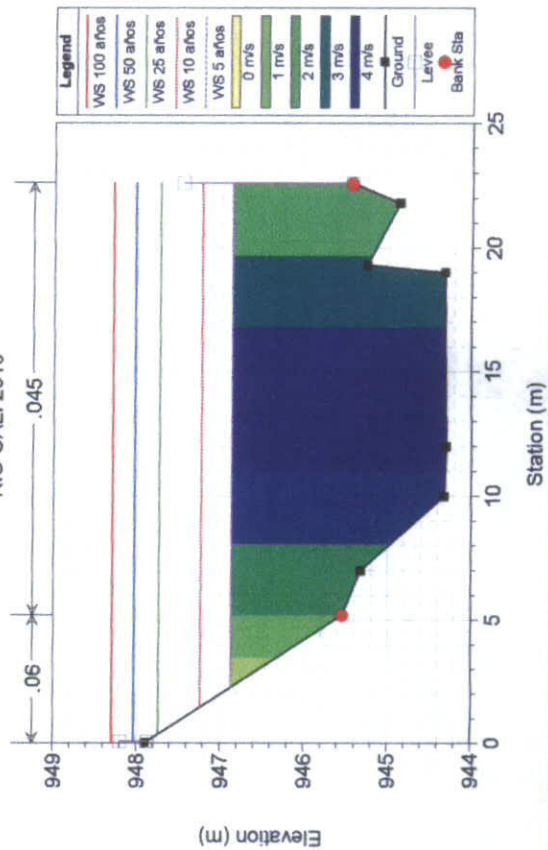
RS = 8 SECCION 700
RIO CALI 2010



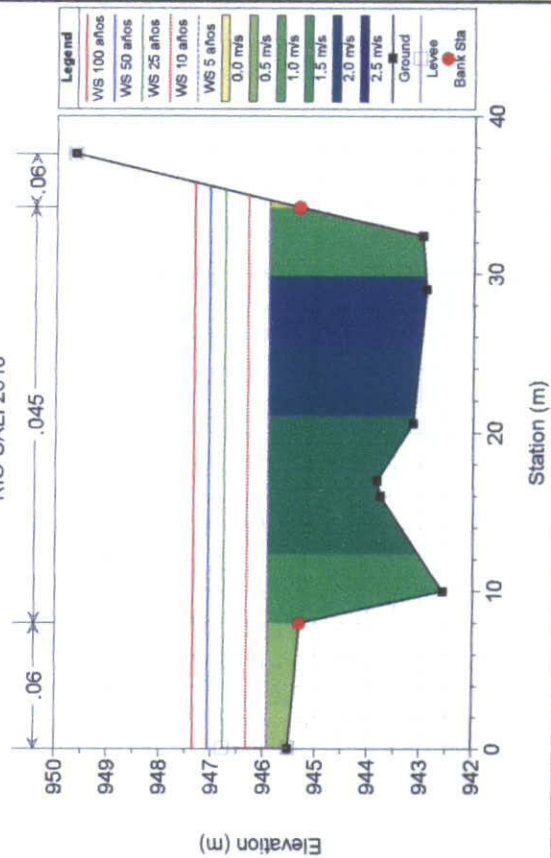
RS = 7 SECCION 600
RIO CALI 2010



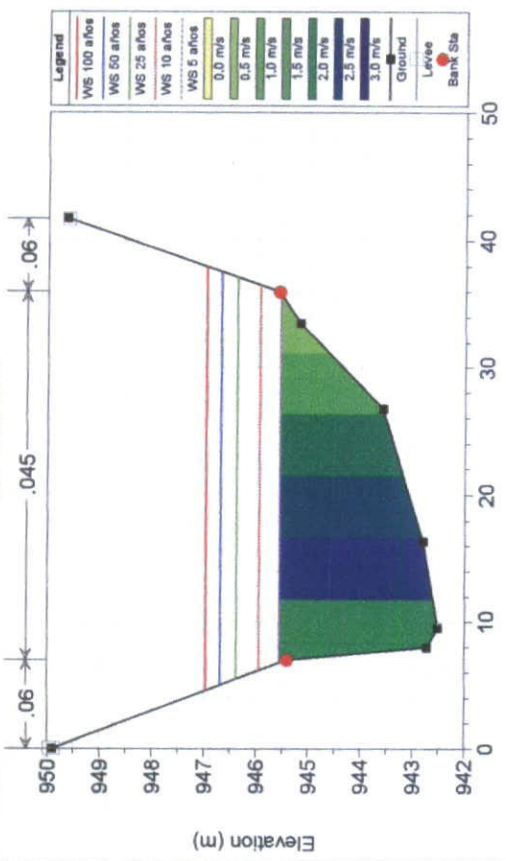
RS = 6 SECCION 500
RIO CALI 2010



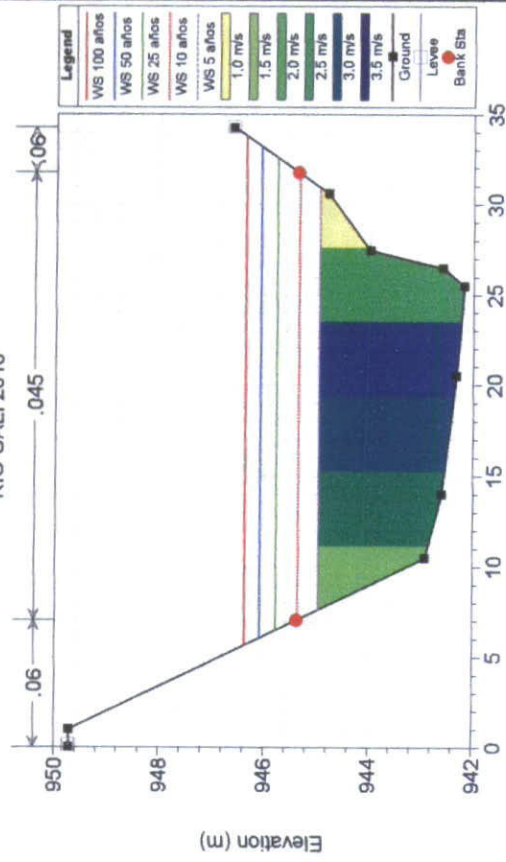
RS = 5 SECCION 420
RIO CALI 2010



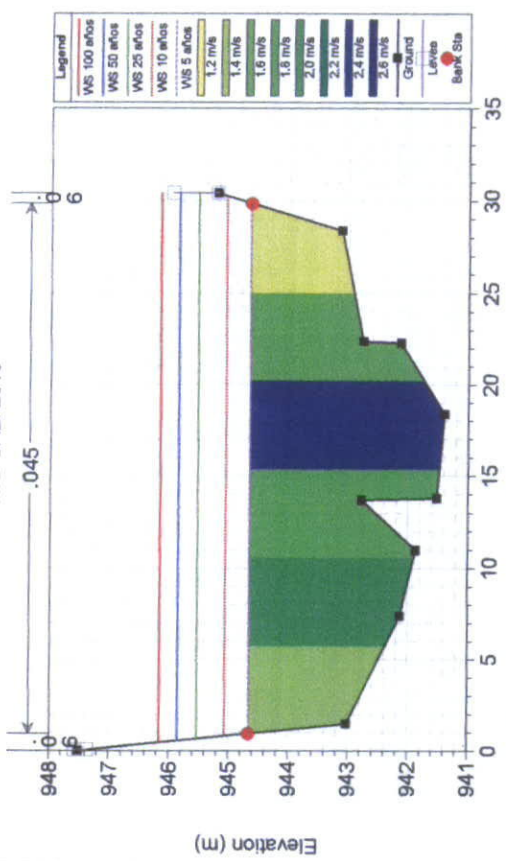
RS = 4 SECCION 300
RIO CALI 2010



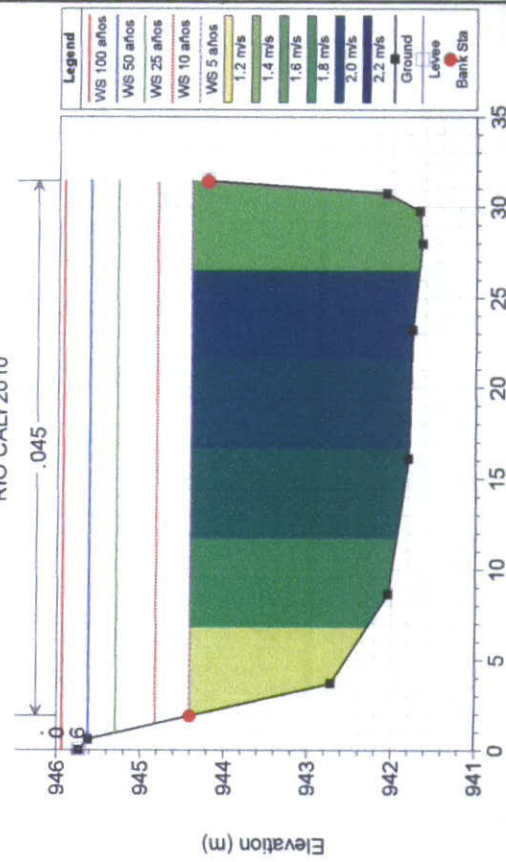
RS = 3 SECCION 200
RIO CALI 2010



RS = 2 SECCION 100
RIO CALI 2010



RS = 1 SECCION 0
RIO CALI 2010



ANEXO

CALCULO SOCAVACION

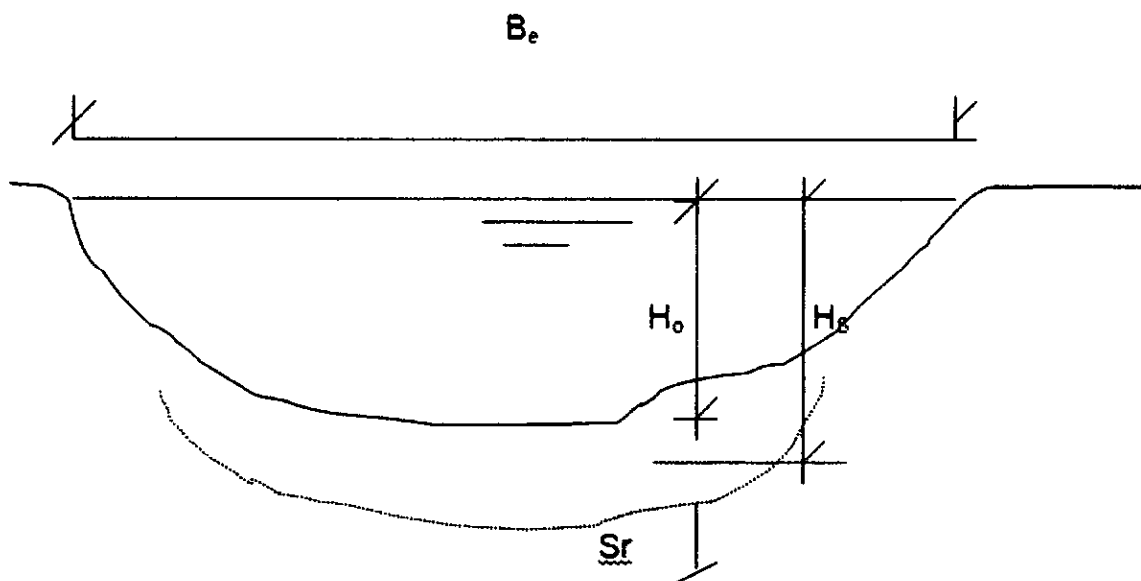
ANALISIS SOCAVACION

Con base en los resultados de los análisis hidrológicos e hidráulicos y a la información granulométrica del material que compone el lecho de los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Lili y Meléndez se determina la socavación general para los tramos en estudio.

Esta información es necesaria para determinar la profundidad de la cimentación que se requiere para la construcción de cualquier tipo de obra a proponer. Adicionalmente se presenta también la socavación local, pero no se calcula puesto que no se dispone del tipo de obras propuestas. Una vez se propongan las obras a construir, se debe calcular la socavación local.

Socavación General

Para el análisis de la profundidad de socavación general esperada se utilizó el método de Lischtvan Levediev, de amplio uso con muy buenos resultados a nivel nacional. Este método se basa en determinar la condición de equilibrio entre la velocidad media de la corriente y la velocidad media del flujo que se requiere para erosionar un material de diámetro y densidad conocidos. Es aplicable tanto si la distribución del material del subsuelo es homogénea, como si es heterogénea, es decir formando estratos de distintos materiales



$$H_s = (f H_o^{5/3} / 0.68 d_m^{0.28} \bar{U} \beta)^{1/(1+z)}$$

$$f = Q_d / (H_m)^{5/3} B_e u$$

donde:

Q_d = Caudal de diseño de la creciente para una frecuencia definida (m^3/s)

B_e = Ancho efectivo de superficie libre . (m)

H_m = Tirante medio de la sección = A/B_e (m)

u = Coeficiente de contracción. Es función de la velocidad media y del ancho efectivo.

v = Velocidad media (m/s)

f = Coeficiente

H_s = Profundidad del cauce alcanzado por la erosión (m)

H_o = Profundidad del agua antes de socavación

S_r = Socavación general en un punto (m)

β = Coeficiente de paso, función de la frecuencia de la creciente

d_m = Diámetro medio del material granular de fondo (mm)

$$d_m = \sum d_i p_i / 100.$$

d_i = Diámetro medio en mm de una fracción de la curva granulométrica

p_i = Peso de dicha fracción en % del peso total de la muestra.

z = Exponente para suelos granulares. Depende de d_m

$\bar{U}$ = Coeficiente de arrastre de material en suspensión.

En el cuadro 6-1 se muestra el resultado del análisis granulométrico del material de fondo del sondeo efectuado en el tramo de la calle 26 a la calle 34, el cual por ser el más bajo de los tres efectuados, será utilizado para el cálculo de socavación general en todos los tramos.

Cuadro 1

RIO CALI - SECTOR BARRIO BERLIN
 SONDEO No. 1 - MUESTRA No. 3 - PROFUNDIDAD 3-4.2m

CALCULO DE DIAMETRO MEDIO DEL MATERIAL DE FONDO

MATERIAL DEL FONDO DEL RIO			
TAMIZ	d _i (mm)	% Retenido	d _i * p _i
3	76.20	0.00	0.00
2	50.80	0.00	0.00
1.1/2	38.10	19.00	723.90
1	25.40	10.00	254.00
3/4	19.05	12.00	228.60
1/2	12.70	11.00	139.70
3/8	9.53	4.00	38.12
4	4.75	7.00	33.25
10	2.00	7.00	14.00
40	0.43	9.00	3.83
100	0.15	5.00	0.75
200	0.08	5.00	0.40
<200	0.08	11.00	0.83
Total		100.00	1,437.37
$d_m = \sum d_i * p_i / 100 =$		14.37 mm	

En los cuadros 2 a 5 se muestran los cálculos de la socavación general calculada para el río Cali en las secciones 16 y 30, localizadas en los tramos guaduales río Cauca y Calle 52 a calle 70. Los cálculos fueron realizados para la condición actual y se observa que a pesar que la formulación para el cálculo de la socavación general de Levediev permite determinar profundidades de socavación, también permite determinar en caso de valores negativos que se presentará agradación. En ambos casos se observa que tanto para la situación actual se presenta agradación, lo cual es un indicativo que las labores de recava en el río Cali en el tramo en estudio debes ser recurrentes y no eventuales y parciales como se ha venido haciendo hasta ahora.

Cuadro 2

Rio Cali sección 30 Barrio Calima Tramo calles 52 a 70 - SITUACION ACTUAL

1. SOCAVACION GENERAL S_g (METODO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV)

$\bar{\gamma}_m$ =Peso volumétrico de la mezcla agua - material en suspensión=

1.4 ton/m³

d_m =Diámetro medio del material del fondo.=

14.37 mm

$\bar{U}$ =Coeficiente de arrastre de material en suspensión

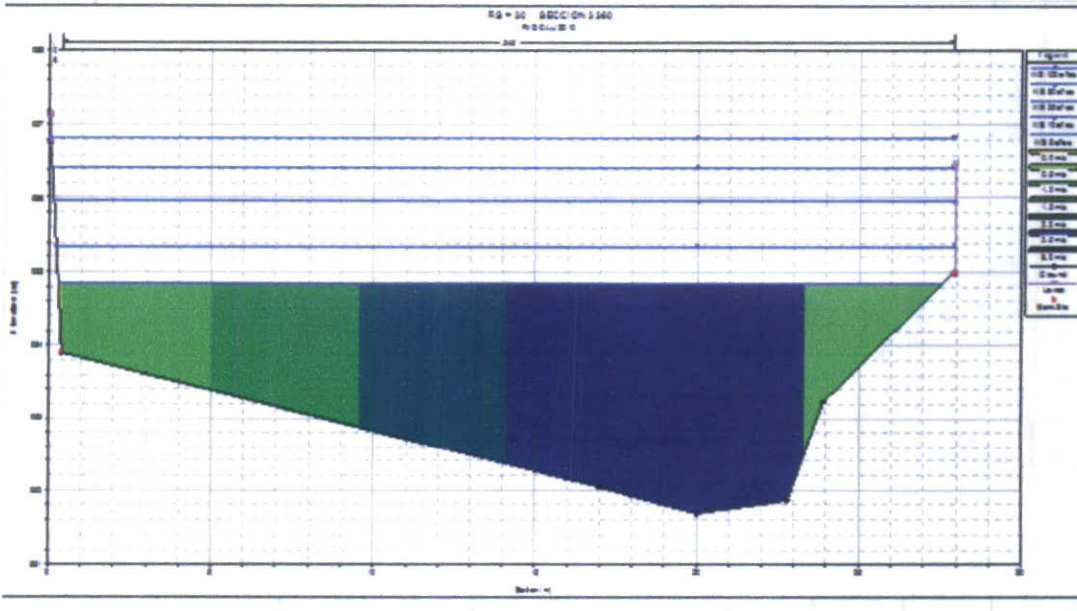
1.6

$1/(1+X)$ =Exponente para suelos granulares=

0.75

Tr (años)	B	Q_d (m ³ /s)	A (m ²)	V_m (m/s)	B_e (m)	u	H_m (m)	f	H_0 (m)	H_s (m)	S_g (m)
25	0.94	210.9	85.13	2.48	27.75	0.97	3.07	1.21	4.27	3.98	-0.29

HAY AGRADACION



Cuadro 3

Rio Cali sección 16 Tramo calle 70 rio Cauca - SITUACION ACTUAL

1. SOCAVACION GENERAL S_g (METODO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV)

γ_m =Peso volumétrico de la mezcla agua - material en suspensión=

1.4 ton/m³

d_m =Diámetro medio del material del fondo.=

14.37 mm

$\hat{U}$ =Coeficiente de arrastre de material en suspensión

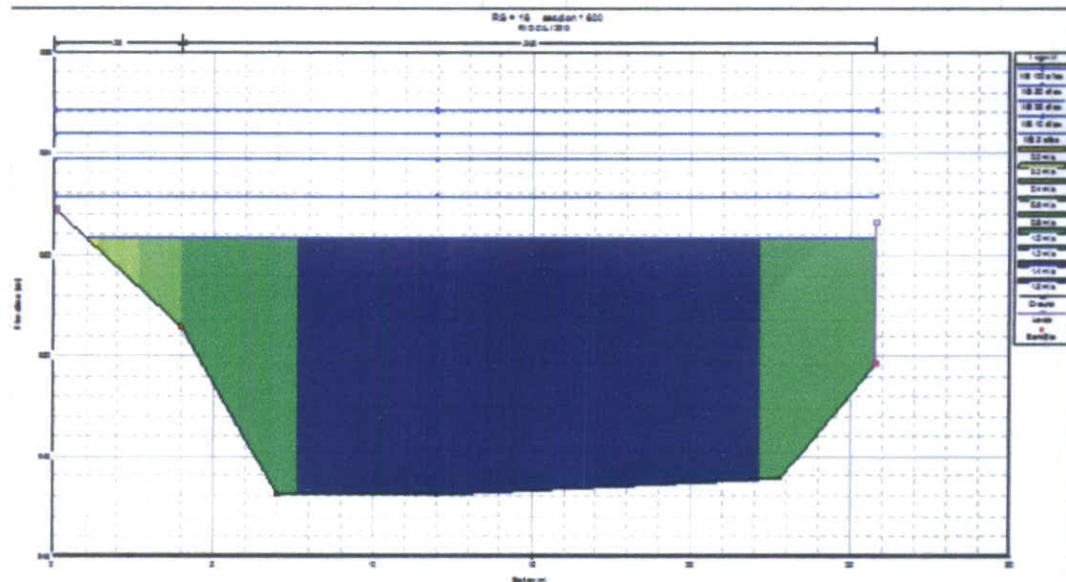
1.6

$1/(1+X)$ =Exponente para suelos granulares=

0.75

Tr (años)	B	Q_d (m ³ /s)	A (m ²)	V_m (m/s)	B_e (m)	u	H_m (m)	f	H_0 (m)	H_s (m)	S_g (m)
25	0.94	210.9	142.3	1.48	25.8	0.97	5.52	0.49	6.66	3.52	-3.14

HAY AGRADACION



En el cuadro 4 se muestran los cálculos de la socavación general calculada para el río Lili. Los cálculos fueron realizados para la condición actual y se observa que a pesar que la formulación para el cálculo de la socavación general de Levediev permite determinar profundidades de socavación, también permite determinar en caso de valores negativos que se presentará agradación. En este caso se observa que hay agradación tanto para la condición actual como para la condición futura y por lo tanto se recomienda que las labores de recava en el río Lili en el tramo en estudio debes ser recurrentes y no eventuales y parciales. como se propone en este contrato y por lo tanto se recomienda que sean extensivas hasta la entrega del río Lili al canal Interceptor sur.

Los valores obtenidos, indican que para la situación con recava la agradación del cauce será menor, pero sin embargo como se indicó anteriormente, si se presentará-

Cuadro 4

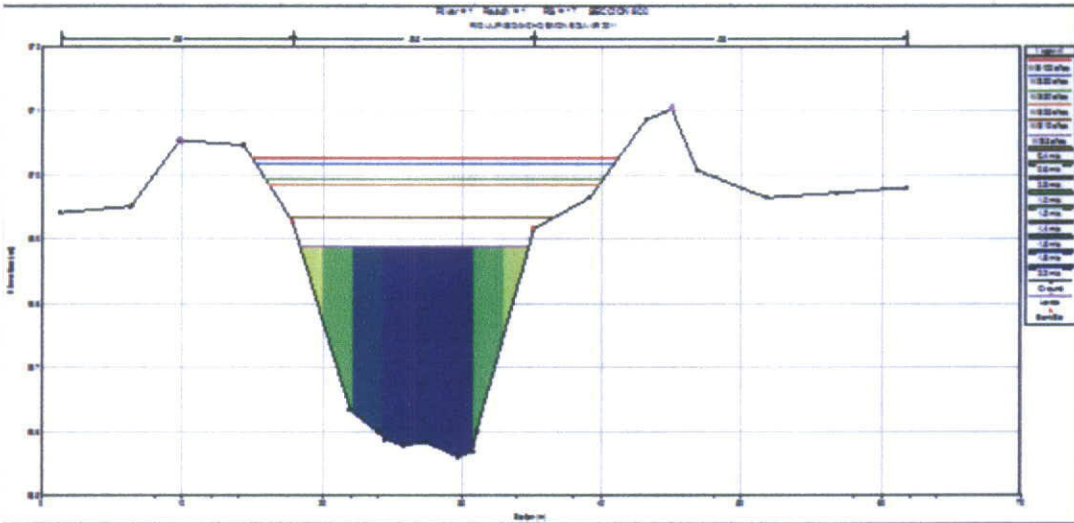
Río Lili sección 17 - SITUACION ACTUAL

1. SOCAVACION GENERAL S_g (METODO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV)

$\bar{\gamma}_m$ =Peso volumétrico de la mezcla agua - material en suspensión= 1.4 ton/m³
 d_m =Diámetro medio del material del fondo.= 14.37 mm
 $\bar{U}$ =Coeficiente de arrastre de material en suspensión 1.6
 $1/(1+X)$ =Exponente para suelos granulares= 0.75

Tr (años)	B	Q_d (m ³ /s)	A (m ²)	V_m (m/s)	B_e (m)	u	H_m (m)	f	H_0 (m)	H_s (m)	S_g (m)
25	0.94	101.42	56.21	1.80	23.62	0.97	2.38	1.04	6.66	6.21	-0.45

HAY AGRADACION



Socavación local al pie de estructuras

La socavación local se presenta al pie de cualquier estructura que se interpone a la corriente, por ejemplo al pie de pilas, estribos, espigones y tuberías que descansan en el fondo. En algunos casos se produce por obstáculos rodeados por la corriente como en el caso de las pilas y en otros por obstáculos que solo desvían la corriente, pero que están ligados a la orilla. En este caso se incluyen los estribos y espolones. Esta socavación es importante de calcular teniendo en cuenta las obras que se puedan diseñar para el manejo de la estabilización de las orillas, como pueden ser muros, espolones, etc..

Socavación local al pie de espolones

La socavación local alrededor de los espolones se presenta debido a la desviación de la corriente por el obstáculo que representa el espolón para el flujo.

Para evaluarla se utiliza el método de Artamonov, que se representa por la siguiente ecuación:

$$S_T = P_\alpha P_q P_k d_o$$

Donde

S_T = Profundidad máxima de la socavación medida desde la superficie libre del agua, m.

P_α = Coeficiente, que depende del valor del ángulo que forma el eje del espigón con la corriente.

P_q = Coeficiente, que depende de la relación Q_1/Q , donde Q_1 es que caudal que teóricamente podría pasar por el lugar ocupado por el espolón si este no existiera, y Q caudal total que se presenta en el río.

P_k = Coeficiente, que tiene en cuenta el talud que tienen los lados del espigón.