

7.3.3 Resultados del Análisis

La velocidad promediada de profundidad y la distribución de la descarga para cada alternativa fue analizada utilizando el módulo hidrodinámico. Para estas simulaciones, la descarga de flujo aplicada fue de 66,000 m³/s que fue la descarga máxima anual durante 1943-1998 en la sección de San Félix y considerada como la descarga pico estándar en el ápice del Delta del Orinoco. Como se explicó en el Capítulo 3, debido a que el transporte del sedimento en los tramos prioritarios es dominante en la estación de lluvias, solamente la descarga pico fue utilizada para la selección de las alternativas apropiadas.

Después de evaluar la distribución de la descarga con el análisis hidrodinámico, se seleccionaron las alternativas apropiadas para analizar los cambios en el lecho del río usando los módulos del transporte de sedimento y el de cambio del lecho. Para estas alternativas seleccionadas, las simulaciones numéricas se llevaron a cabo aplicando hidrogramas actuales por un período de cinco (5) años, repitiendo las condiciones de límite como se muestra en la Fig. 7-3-4 en cinco (5) años consecutivos. Los cambios en la profundidad del canal de navegación se muestran en la Tabla 7.3.2 y las distribuciones de la descarga para varias alternativas se muestran en la Fig.7-3-5. Los resultados del análisis hidrodinámico se ilustran a continuación (Fig.7-3-6).

(1) Dique de Cierre Completo

- La ubicación aguas arriba del Caño Tórtola (Alternativa [B2-1]) sería apropiada para el dique de cierre, debido a que la alternativa [B2-2] incrementaría el nivel del agua en el Caño Tórtola por aproximadamente 2m más que la alternativa [B2-1] la cual podría causar condiciones desfavorables. Sin embargo, la ubicación del dique no afecta la distribución de la descarga.

Además de los efectos hidráulicos, la ubicación económica para la construcción del dique sería también la sección aguas arriba; es decir la ubicación de la alternativa [B2-1], (la sección 30 como se muestra en la Fig. 7-3-7) la cual es menos profunda y más ancha que las otras secciones en el tramo medio o inferior. El volumen estructural del dique en el Caño Tórtola es más bajo aguas arriba como se muestra en la Tabla 7.3.3. Esta estimación está basada en los recientes resultados del estudio batimétrico llevado a cabo en septiembre de 1999.

Tabla 7.3.3 Volumen Estimado del Dique en Ubicaciones Alternativas

Ubicación Alternativa	Longitud del Dique (m)	Altura Max. (m)	Volumen del Dique (m ³)	Volumen de la Base (m ³)	Volumen Total (m ³)
1. Aguas Arriba (Sec. 30)	2,200	14.5	745,000	154,000	899,000
2. Tramo Medio (Sec.28)	670	39.5	1,059,000	48,000	1,107,000
3. Aguas Abajo (Sec.25)	1,720	17.5	941,000	124,000	1,065,000

- Características asumidas:
- Tipo de Dique: Dique de Cierre Completo
 - Ancho de la Corona: 10m
 - Pendiente del Dique: 1:1.8
 - Protección de la Base (12m ancho x 3m alto)

Tabla 7.3.2

Resultados del Análisis del Flujo Hidro Dinámico (1/3)

Alternativa		Condición Existente	[B2-1] Dique de Cierre Completo Aguas Arriba de Tortola	[B2-2] Dique de Cierre Completo Aguas Abajo de Tortola
Ubicación de Estructuras				
Cambio en la Profundidad del Canal de Navegación (Comparado con Condición Existente)		Igual que la Existente	-3.9m promedio en secciones dragadas	-3.9m promedio en secciones dragadas
Nivel del Agua	Sección Guarguapo / Estructura Aguas Abajo	NMM+9.0m / -	NMM+9.5m / NMM+8.0 m	NMM+10.0m / NMM+8.0 m
	Velocidad	0.6~1.4m/s	0.6~2.0m/s	0.6~2.0m/s
Impacto Ambiental	Longitud de la Protección del Margen	0km	4km	4km
	Transporte a Través de la Estructura Sin Efecto	Sin Efecto	Interrupción total, pero paso permitido para barcos	Interrupción total, pero paso permitido para barcos
	Sedimentación en Caño Tortola	Igual que la Existente	Sedimentación ocurrirá tanto en los tramos aguas arriba como aguas abajo del dique	Sedimentación ocurrirá tanto en los tramos aguas arriba como aguas abajo del dique

7 - 10

Tabla 7.3.2 Resultados del Análisis del Flujo Hidro Dinámico (2/3)

Alternativa		[B2-3] Dique Sumergido H = NMM+6m	[B2-4] Dique Sumergido H = NMM+3m	[B2-5] Dique Sumergido H = NMM+0m
Ubicación de Estructuras				
Cambio en la Profundidad del Canal de Navegación (Comparado con Condición Existente)		-2.6m promedio en secciones dragadas	0m	0m
Nivel del Agua	Sección Guarguapo / Estructura Aguas Abajo	NMM+9.5m / NMM+9.0 m	NMM+9.0m / NMM+8.5 m	NMM+9.0m / NMM+8.5 m
Velocidad	Velocidad a lo largo del Margen Izquierdo en Caño Rio Grande	0.6~1.6m/s	0.6~1.4m/s	0.6~1.4m/s
	Longitud de la Protección del Margen	4 km	0km	0km
Impacto Ambiental	Transporte a Través de la Estructura Sin Efecto	Interrupción es estación de inundación, pero paso permitido para barcos	Interrupción es estación de inundación, pero paso permitido para barcos	Sin Efecto
	Sedimentación en Caño Tortola	Sedimentación ocurrirá tanto en los tramos aguas arriba como aguas abajo del dique	Sedimentación ocurrirá tanto en los tramos aguas arriba como aguas abajo del dique	Sin Efecto

Tabla 7.3.2

Resultados del Análisis del Flujo Hidro Dinámico (3/3)

Alternativa		[B2-6] Espigones en la Entrada de Tortola	[B2-7] Espigones en la Entrada de Tortola y en Medio del Río	[B2-8] Dique No Sumergido en la Entrada de Tortola
Ubicación de Estructuras				
Cambio en la Profundidad del Canal de Navegación (Comparado con Condición Existente)		0m	0m	-5m (estimado del resultado del [B2-1])
Nivel del Agua	Sección Guarguapo / Estructura Aguas Abajo	NMM+9.0m / NMM+8.5 m	NMM+9.0m / NMM+8.5 m	NMM+11.5m / NMM+8.0 m
	Velocidad	0.6~1.4m/s	0.6~1.4m/s	0.6~2.4m/s
Impacto Ambiental	Longitud de la Protección del Margen	0km	0km	13km
	Transporte a Través de la Estructura Sin Efecto	Sin Efecto	Sin Efecto	Interrupción total, pero paso permitido para barcos
	Sedimentación en Caño Tortola	Sin Efecto	Sin Efecto	Sedimentación ocurrirá tanto en los tramos aguas arriba como aguas abajo del dique

7-12

- En las alternativas [B2-1] y [B2-2] para los diques de cierre completos, la velocidad casi nula indica estancamiento del agua en el Caño Tórtola. Bajo esta condición, la sedimentación ocurriría tanto aguas arriba como aguas abajo del dique. La formación de la barra de arena cerraría el Caño Tórtola a su entrada después de la bifurcación del caño Piacoa para la alternativa [B2-2] o en la confluencia con el Río Grande para la alternativa [B2-1], por lo que el Caño Tórtola se llenaría de sedimentos.
- Se ha confirmado que la alternativa de referencia [B2-8] es la medida más eficaz para aumentar la descarga en el canal pero es el esquema más caro entre todas las alternativas. Esta medida aumentaría el nivel de agua por 2.5 m del nivel existente en la sección aguas arriba. Además, la velocidad máxima en el cauce excedería 2.4 m/s por lo que la fuerza máxima de corte no-dimensional sería mayor que 2.0. Bajo esta condición de flujo, la erosión de la ribera sería extensa y podrían ocurrir cambios morfológicos muy drásticos. Aparte de esto, los impactos adversos en el ambiente serían muy severos tanto en Caño Tórtola como en Piacoa por estar ambos completamente cerrados.

(2) Dique de Cierre Sumergido

El dique sumergido de una altura menor de NMM+3 m no es efectivo para aumentar la descarga del Caño Río Grande para reunir los requisitos de navegación. Consecuentemente, las alternativas [B2-4] y [B2-5] se han eliminado y no se considerarán más. Únicamente la alternativa [B2-3], la cual incluye el dique con una altura de NMM+6 m, proporcionaría el aumento de la descarga de 3,000 m³/s sobre la condición existente en la sección de Barrancas (C-6) para reunir el requisito de navegación (Fig.7-3-5).

(3) Espigones

De acuerdo a los resultados de las Alternativas [B2-6] y [B2-7], la instalación de espigones no es una medida eficaz para aumentar la descarga del Caño Río Grande. En los cortes transversales en donde los espigones se han instalado, las velocidades son comparativamente altas debido a la reducción efectiva de las áreas de flujo

(4) Alternativas Eficaces

Según el análisis de flujo, las alternativas [B2-1], [B2-3] y el caso con ninguna alternativa (sin el proyecto) se seleccionaron para las simulaciones en el transporte del sedimento y cambios de lecho. Los resultados se muestran en la Fig.7-3-6. Los perfiles de la elevación del lecho a lo largo de la sección Guarguapo-Barrancas-Ya Ya para ambas alternativas [B2-1] y [B2-3] se ilustran en la Fig.7-3-8, mostrando que al reducir el nivel del lecho a lo sumo en 6 años sería suficiente para eliminar el dragado de mantenimiento requerido en la actualidad. Los volúmenes de dragado requeridos en los primeros 6 años se resumen en la Tabla 7.3.4.

Distribución de la Descarga por Alternativa

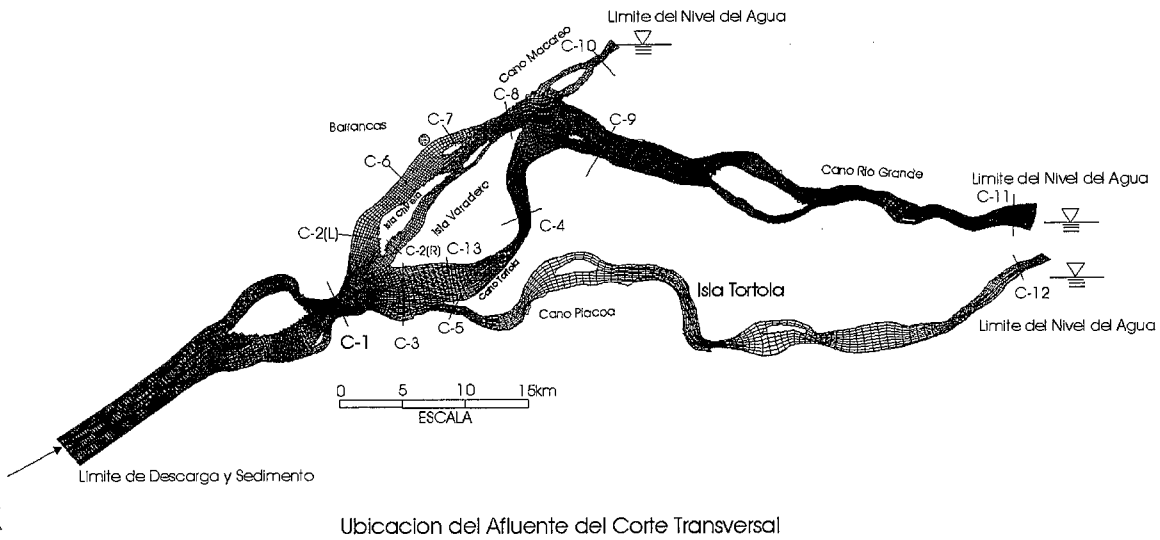
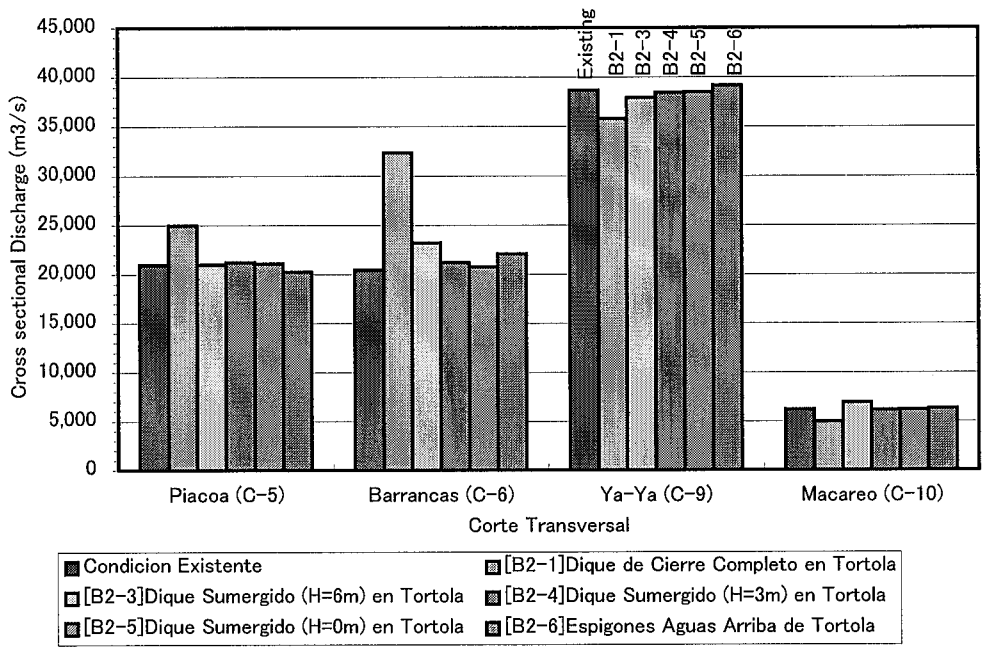


Fig. 7-3-5 Distribución de Descarga por Alternativa