

# RESTAURACION SISTEMA DEL CANAL DEL DIQUE



Cámara de Comercio Cartagena – 3 de junio 2015

MINHACIENDA

Fondo  
Adaptación



# ALCANCES:

1. Regulación activa del ingreso de caudales al sistema del Canal del dique.
2. Control de tránsito de sedimentos entre el canal y las bahías de Cartagena y Barbacoas,
3. Control de inundaciones y control de niveles de agua en el canal,
4. Control de la intrusión salina,
5. Escenarios para la adaptación al cambio climático.
6. Mejoramiento de las conexiones ciénaga - ciénaga y ciénaga – canal
7. Restauración de los ecosistemas PNNCR y San Bernardo
8. Restauración de rondas de ciénagas, caños y canal del dique,
9. Aseguramiento del recurso hídrico del canal para agua potable, riego, ganadería, pesca y otros servicios,
10. Garantizar la navegación fluvial.



## AVANCES MAS IMPORTANTES:

### Obras preventivas de Control de Inundaciones:



INVERSIÓN DE Aprox.  
**\$ 95 mil millones**



**Contratación Obras preventivas de mitigación de riesgo de inundación para 10 CENTROS POBLADOS y reforzamiento del DIQUE MARGINAL CALAMAR – SANTA LUCÍA.**

Estos proyectos protegen a mas de **68 mil Colombianos**



## AVANCES MAS IMPORTANTES:

- Topografía Aerotransportada LIDAR de alta precisión en 1.930 km<sup>2</sup>. Cartografía escala 1:1000 (sistema IGAC)
- 1.350 km de Batimetrías en Canal, Caños, Ciénagas y Bahías.
- Instalación de 13 miras y 16 Estaciones de radar para registro en tiempo real de niveles de agua en el canal, ciénagas, bahías y río Magdalena.
- Toma de 1540 muestras del componente biótico en 106 ESTACIONES en dos periodos ambientales contrastantes para línea base ambiental.
- Gestión social, 3 ciclos de línea base social terminados y dos mas planteados con actores institucionales.





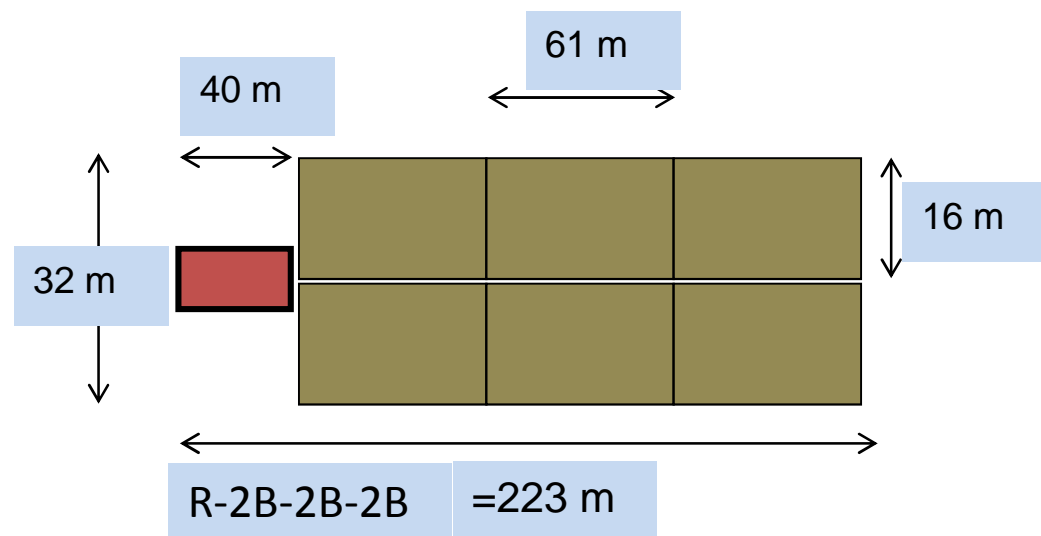
## AVANCES MAS IMPORTANTES:

- Campañas de mediciones de caudales y sedimentos en el Sistema de Ciénagas, el Canal y las Bahías (con periodo de caudales bajo, medios y altos en el Rio Magdalena).
- Modelación matemática del Sistema acoplado desde Calamar a Cartagena y desde Calamar a Barranquilla, modelo integrado Canal del Dique y rio Magdalena, modelo 1D2D sistema canal del Dique, modelo de calidad de agua y modelo 3D en zona costera, PNN Corales del Rosario, bahías de Cartagena y Barbacoas. Aproximadamente 5000 km<sup>2</sup> modelados.
- Actualización de los estudios de Navegación y selección del convoy de diseño.

# CONVOY DE DISEÑO:



*Passage du Dique. Voyage a la nouvelle Grenade – 1869.*



# FORMULACION DE ALTERNATIVAS:

Para poder formular las alternativas de solución integrada, a los problemas encontrados en el sistema canal del dique, y formular el Plan de manejo Hidrosedimentológico del Sistema y su área de influencia se desarrollo una visión integral de largo plazo con base en la situación actual y futura de los **ambientes marino**, de la zona de **inundación y ciénagas**.

Es con base en esta visión y adaptación al cambio climático se han identificado opciones de solución y se han desarrollado las alternativas para la restauración del Sistema con base en el alcance del proyecto.



# FORMULACION DE ALTERNATIVAS:

Consideraciones en el análisis y evaluación de Alternativas:

*Solucionar los problemas para restaurar un ecosistema puede también causar cambios a las condiciones de otras funciones. Esto puede generar impactos negativos los cuales deben ser considerados en el desarrollo de las alternativas mediante un ajustes a la solución, las reglas de operación, monitoreo o mitigación y compensación de los posibles impactos.*





## AMBIENTE MARINO:

Este ambiente está conformado por las Bahías de Barbacoas, Cartagena Las Islas del Rosario y San Bernardo y demás sectores del mar del área de influencia del Canal del Dique. En este ambiente se encuentran arrecifes coralinos, praderas de fanerógamas y fondos arenosos y de barro.



## AMBIENTE MARINO:

Los problemas encontrados en este ambiente en relación con el Canal del Dique son:

- Descarga de agua dulce que afecta a los ecosistemas marinos (bahía de Cartagena y las Islas del Rosario);
- Sedimentos que afectan los ecosistemas marinos, la navegación comercial y cambian la morfología y uso del suelo;
- Los sedimentos, el agua dulce y la vegetación flotante afectan negativamente los servicios ambientales y en particular el potencial para la pesca y el turismo, afectando así también la calidad de vida las comunidades y la economía local.

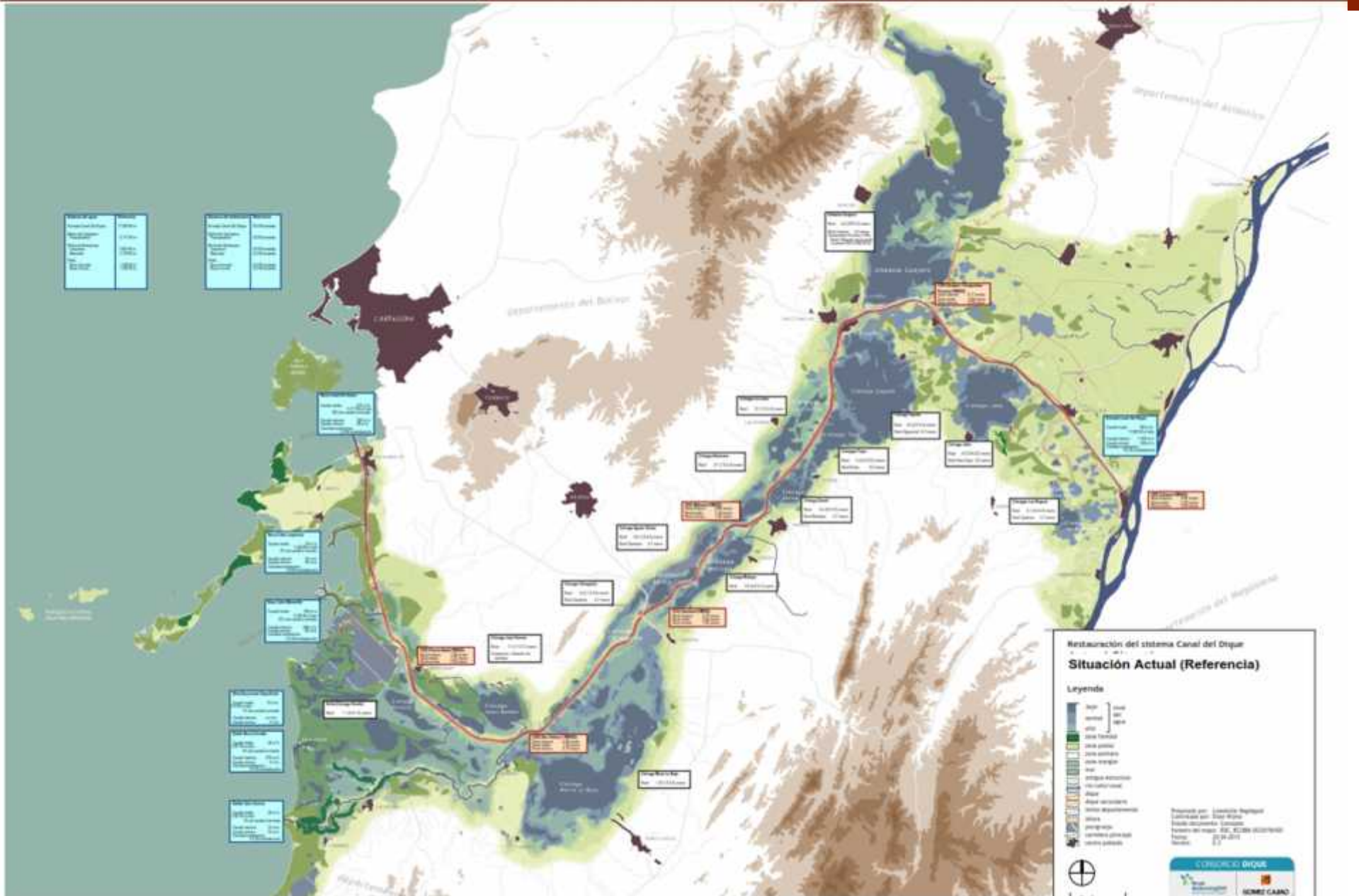
## SOLUCIONES:

Para todos los ambientes marinos con problemas actuales causados por las descargas de aguas y sedimento del canal del Dique la solución genérica es idéntica:

- Reducir las descargas de agua dulce con sedimentos, preferiblemente hasta cero.

Una reducción parcial reduce los impactos negativos, pero solamente con una reducción mayor, desde los caños Matunilla, Lequerica como en Pasacaballos se logra crear condiciones adecuadas para la restauración de los ecosistemas en las Bahías y en Las Islas del Rosario.

## AMBIENTE DE LA ZONA DE INUNDACIÓN DEL RÍO MAGDALENA:





# SOLUCIONES:

Para los ambientes de la zona de inundación y ciénagas las soluciones son:

- Mantener la dimensión de los pulsos proveniente del río que inundan las ciénagas con excepción de pulsos que causan una inundación catastrófica;
- Mejorar la distribución del agua del pulso pasando por una cascada de ciénagas y con entrada aguas arriba y salida aguas abajo;
- Aislar hidrológicamente las ciénagas del canal y solamente establecer conexión durante los pulsos. El exceso de agua lluvia de las ciénagas siempre puede drenar hacía el canal.
- Mantener el flujo continuo de agua dulce en el Delta de caño Correa dentro de los rangos actuales.

# Alternativas seleccionadas y en proceso de evaluación

**Alt 1**  
Reducción

**Alt 2**  
Reducción &  
redistribución

**Alt 3**  
Control total

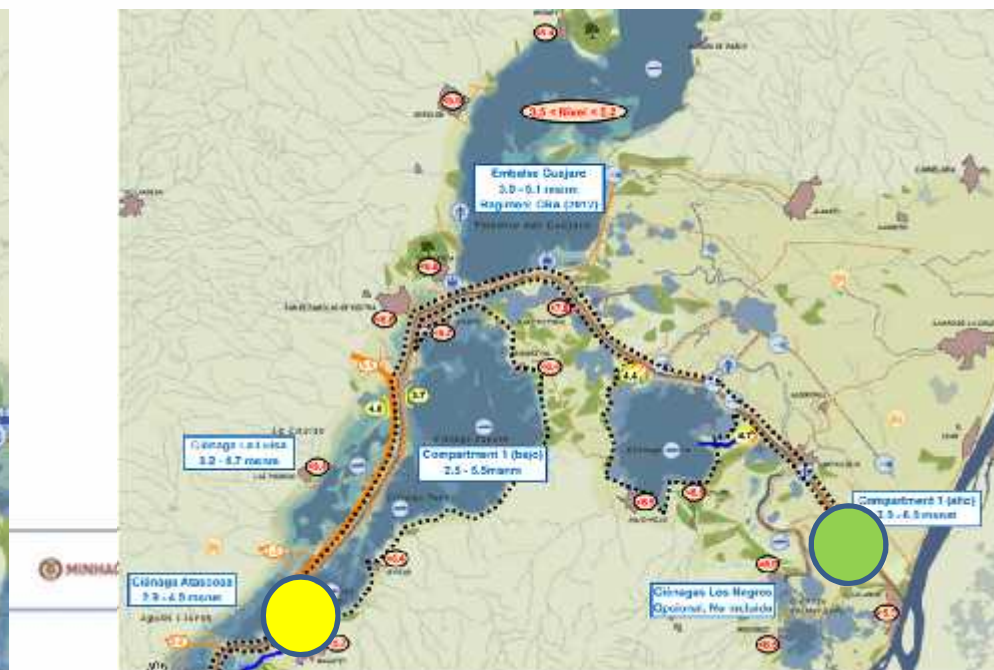
Compuerta y esclusa en Calamar



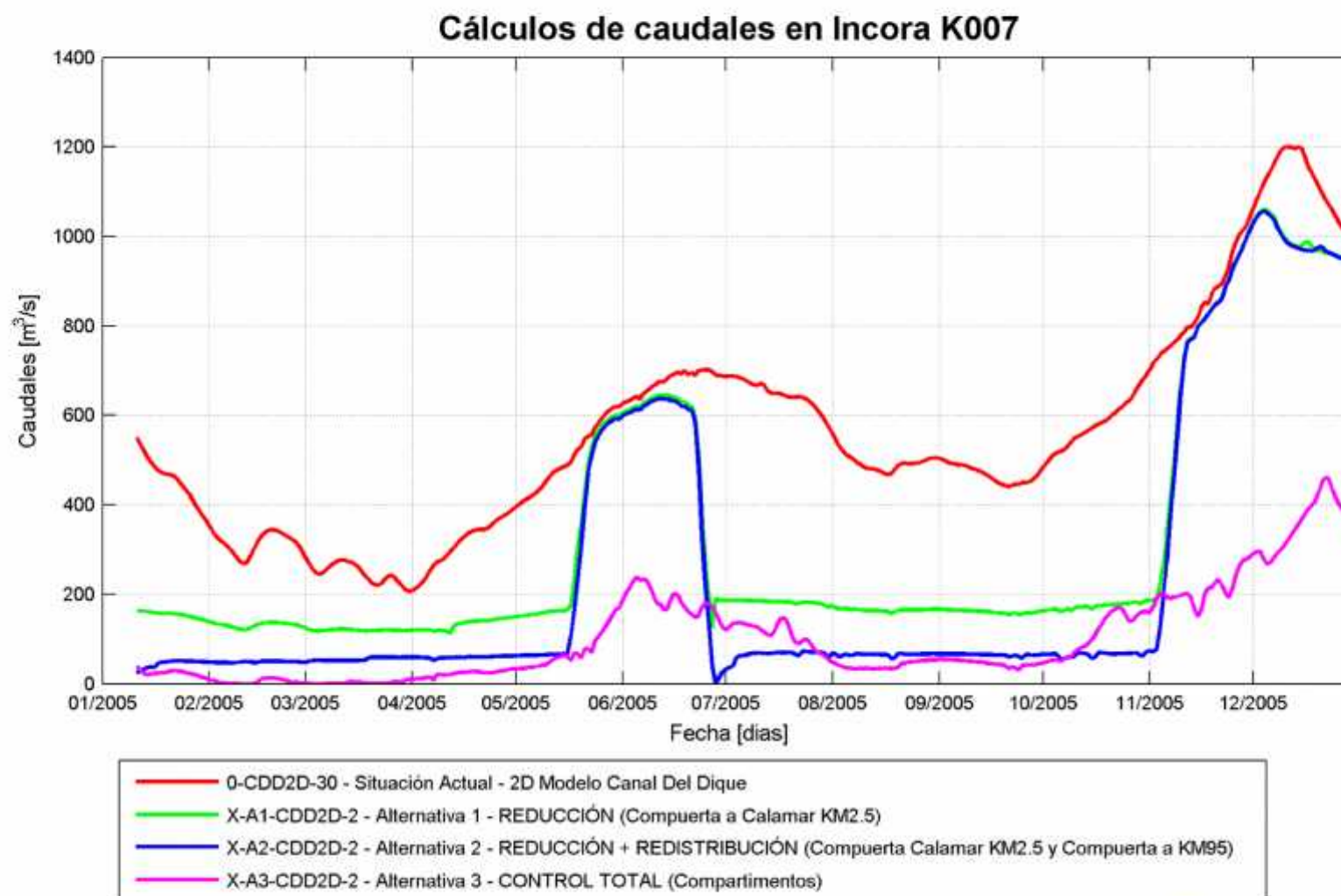
Esclusa en Mahates



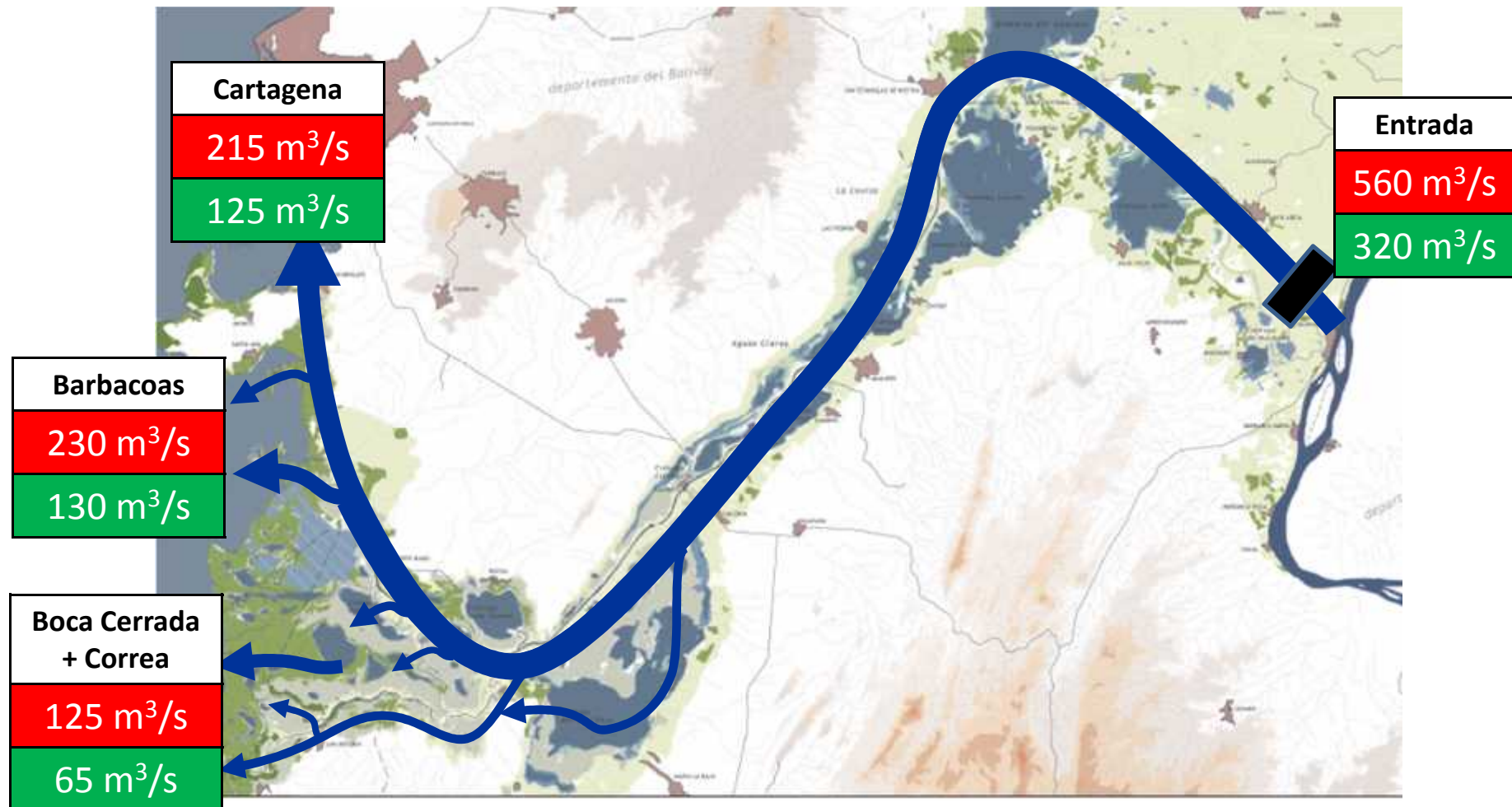
Compuerta cerca de Puerto Badel



# Régimen de Caudales (natural y con alternativas):



# Alternativa 1: Reducción/control activo caudales

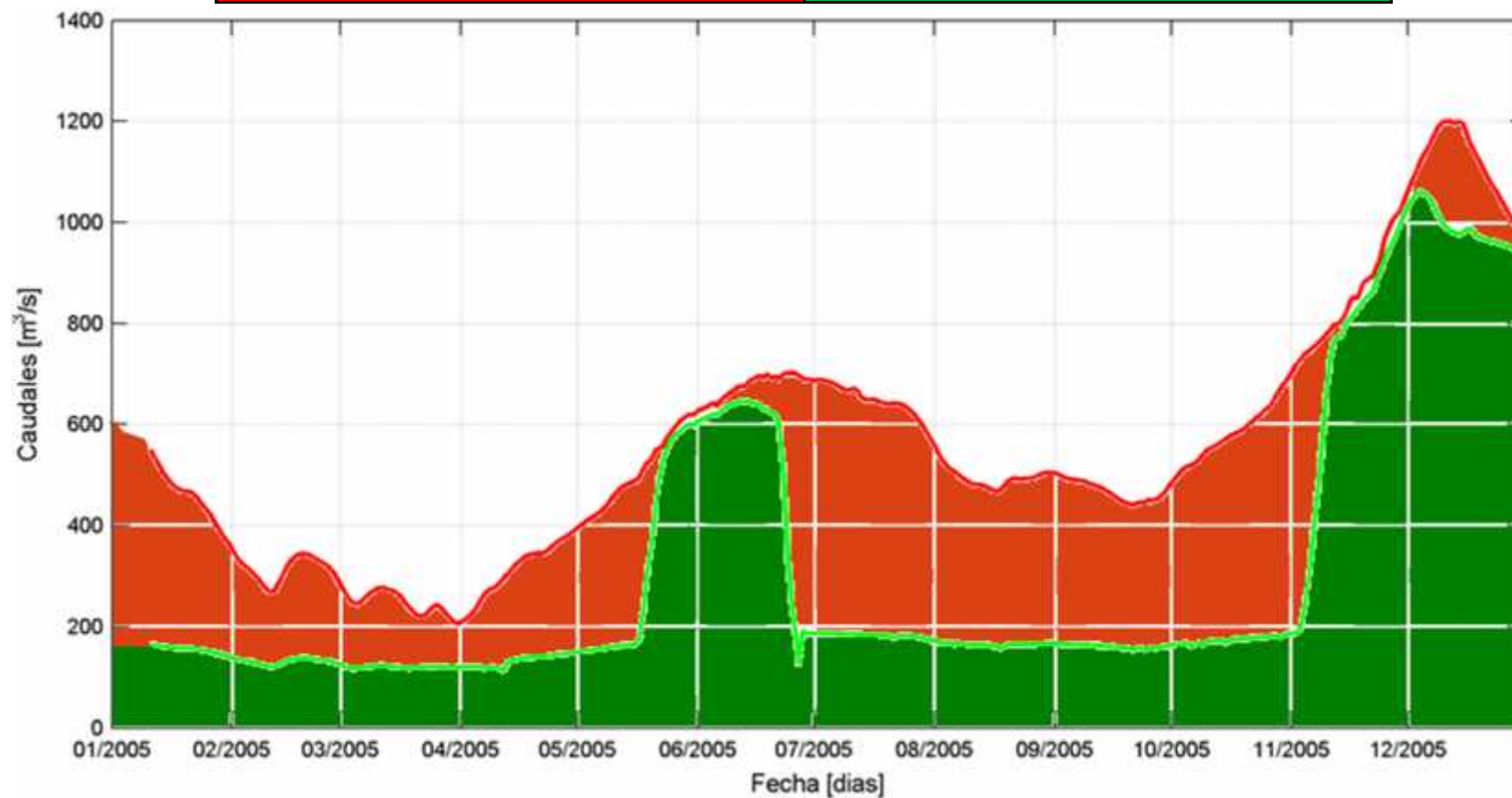




# Alternativa 1: Reducción (Regla de Operación)

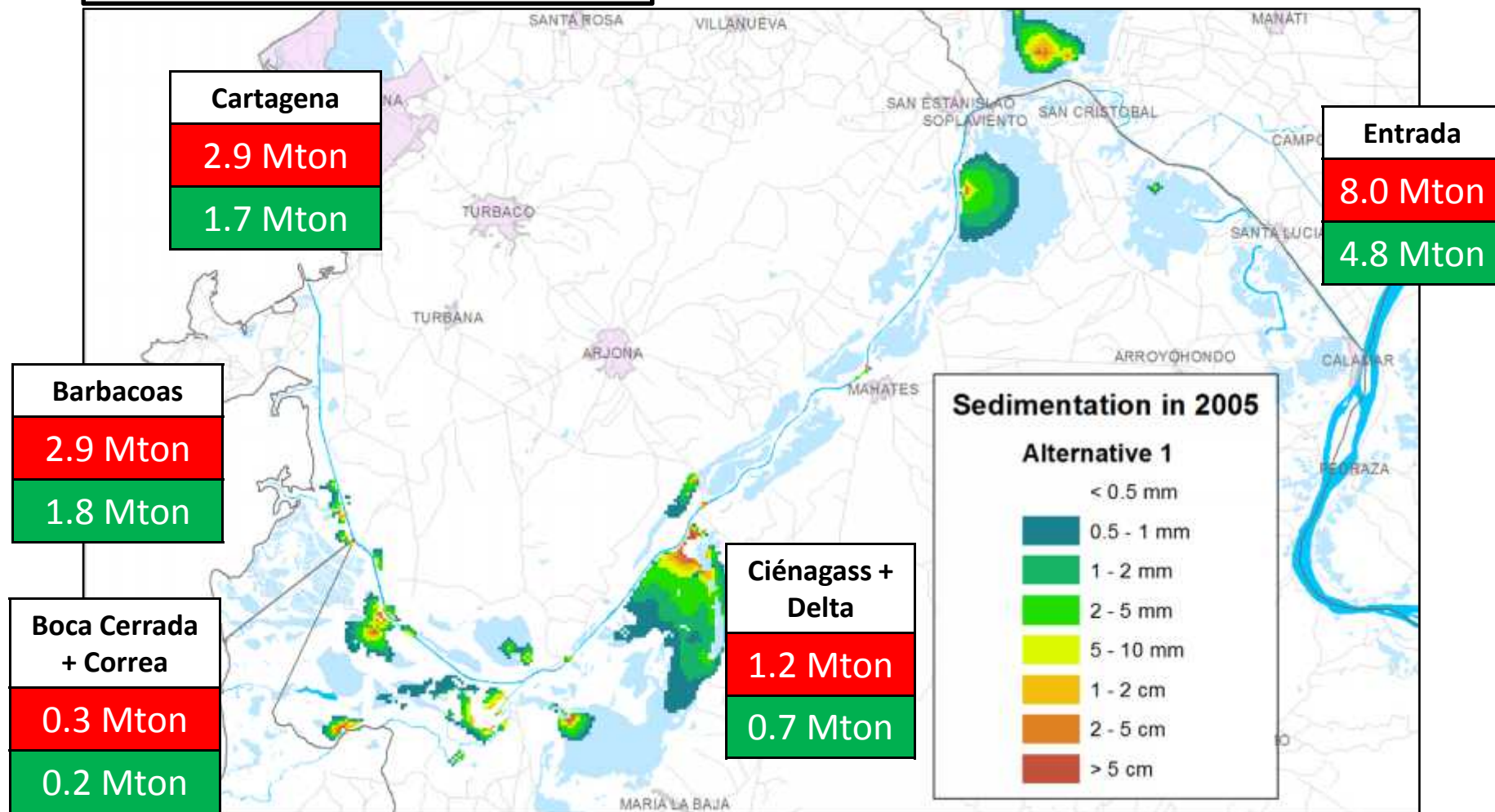
## Caudales Entrada Canal Del Dique 2005

Situación Actual	Alternativa 1
17,658 Mm <sup>3</sup>	10,016 Mm <sup>3</sup> (-43%)

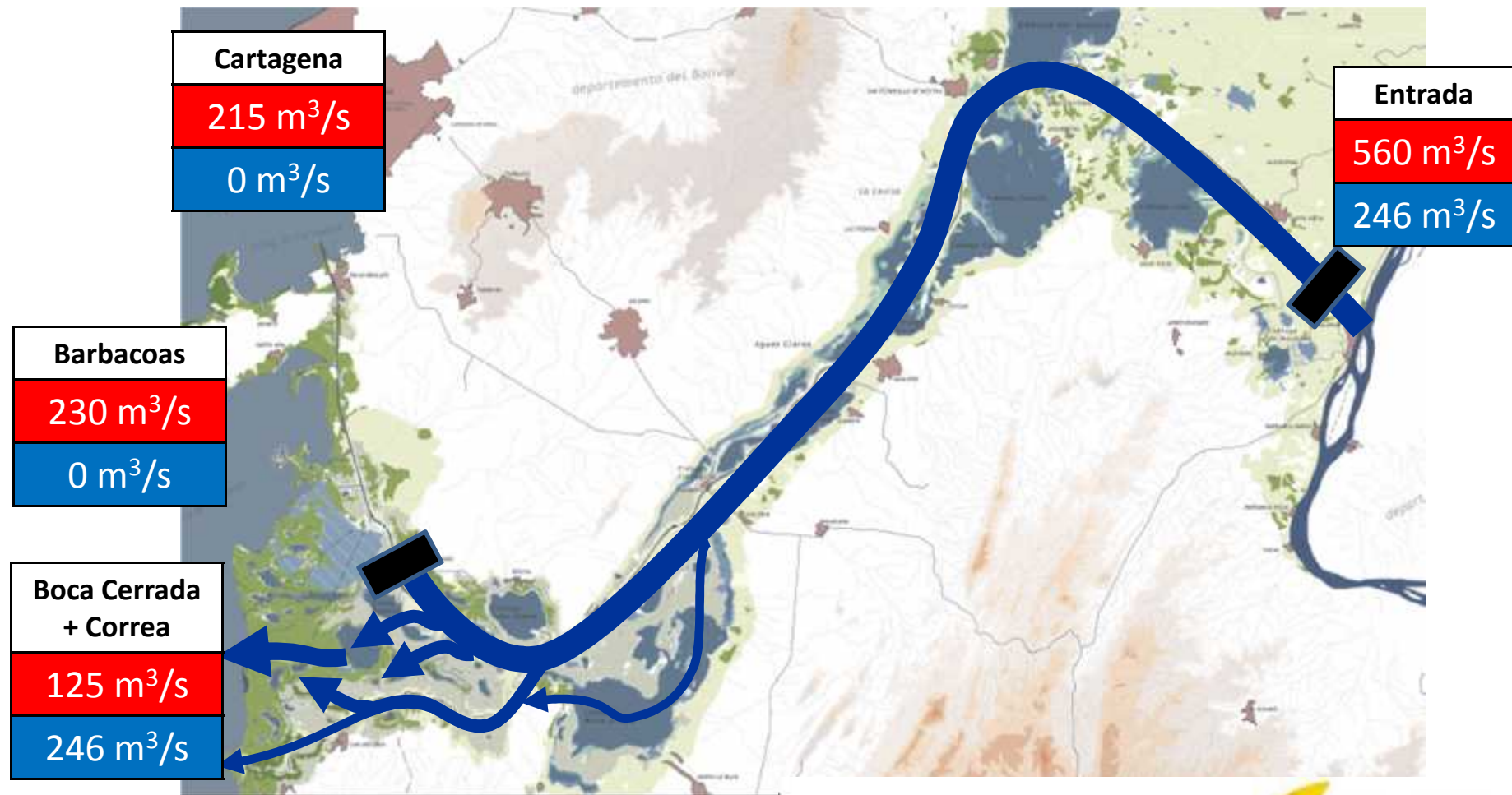


# Alternativa 1: Reducción (sedimentos 2005) en Mton/año

## Sedimentos



## Alternativa 2: Reducción & Redistribución de caudales:



## Alternativa 2: Reducción & Redistribución:

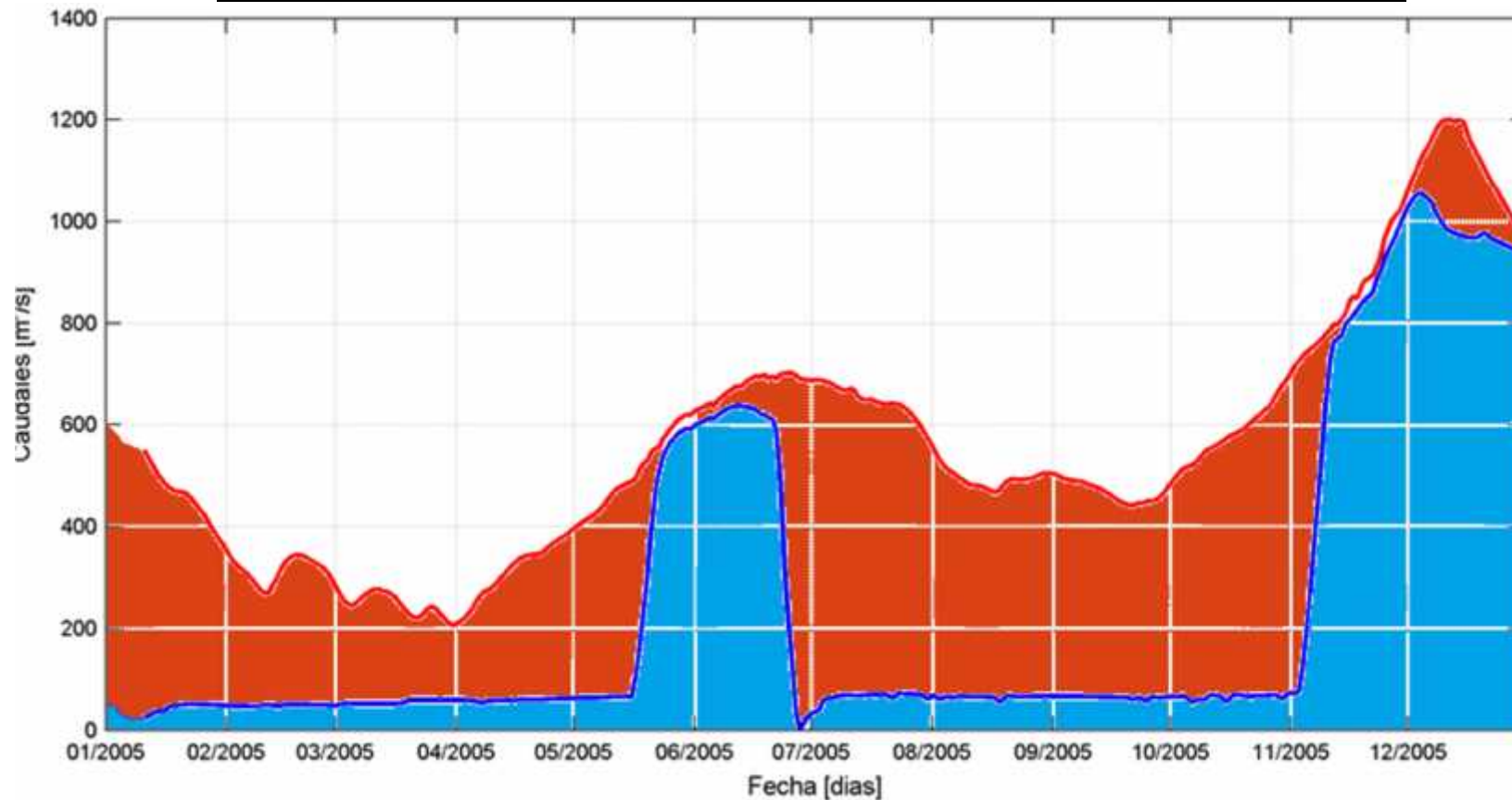
### Caudales Entrada Canal Del Dique 2005

**Situación Actual**

**17,658 Mm<sup>3</sup>**

**Alternativa 2**

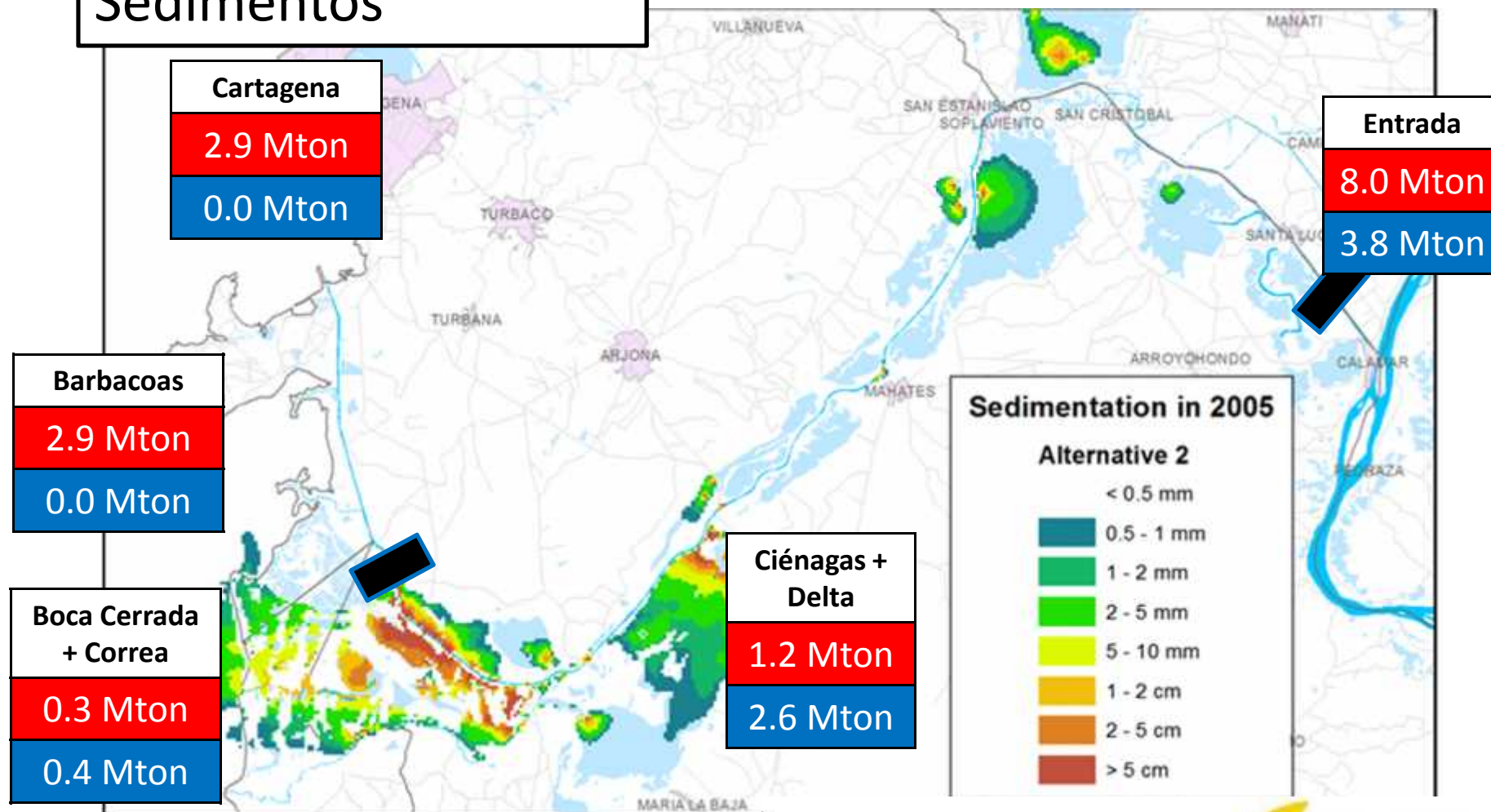
**7,752 Mm<sup>3</sup> (-56%)**



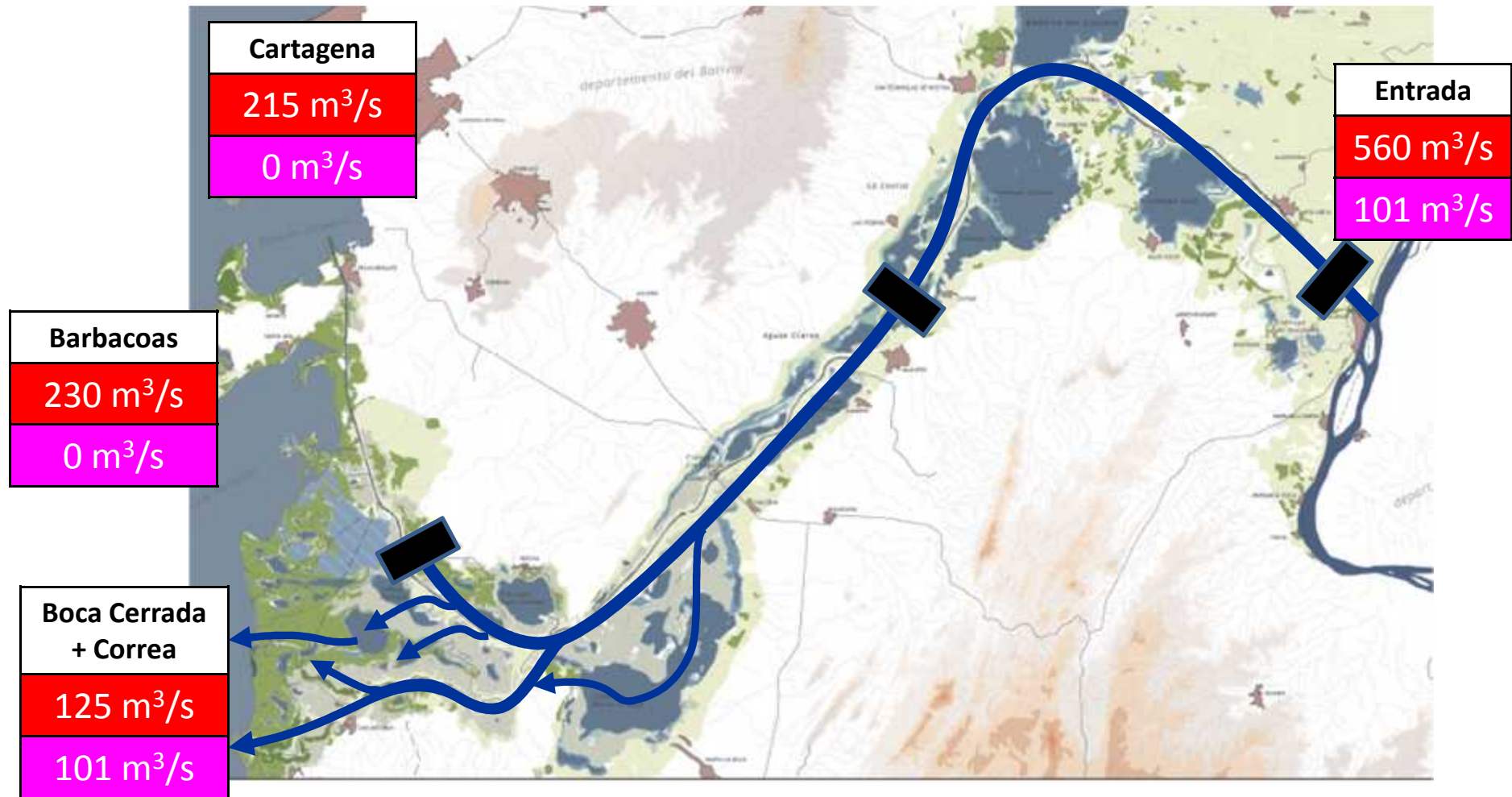


## Alternativa 2: Reducción & Redistribución:

### Sedimentos



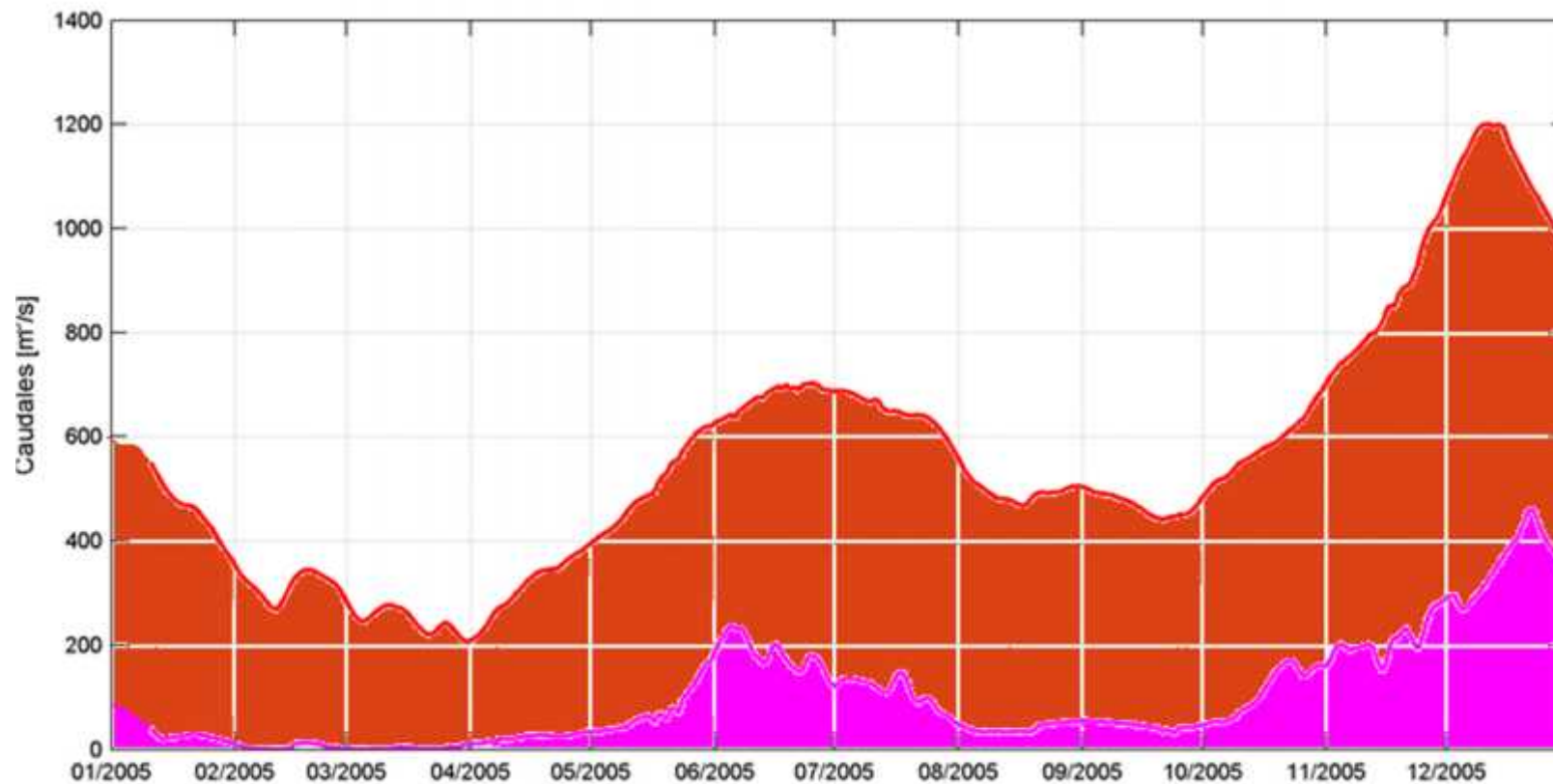
## Alternativa 3: Control total de caudales



# Alternativa 3: Control Total

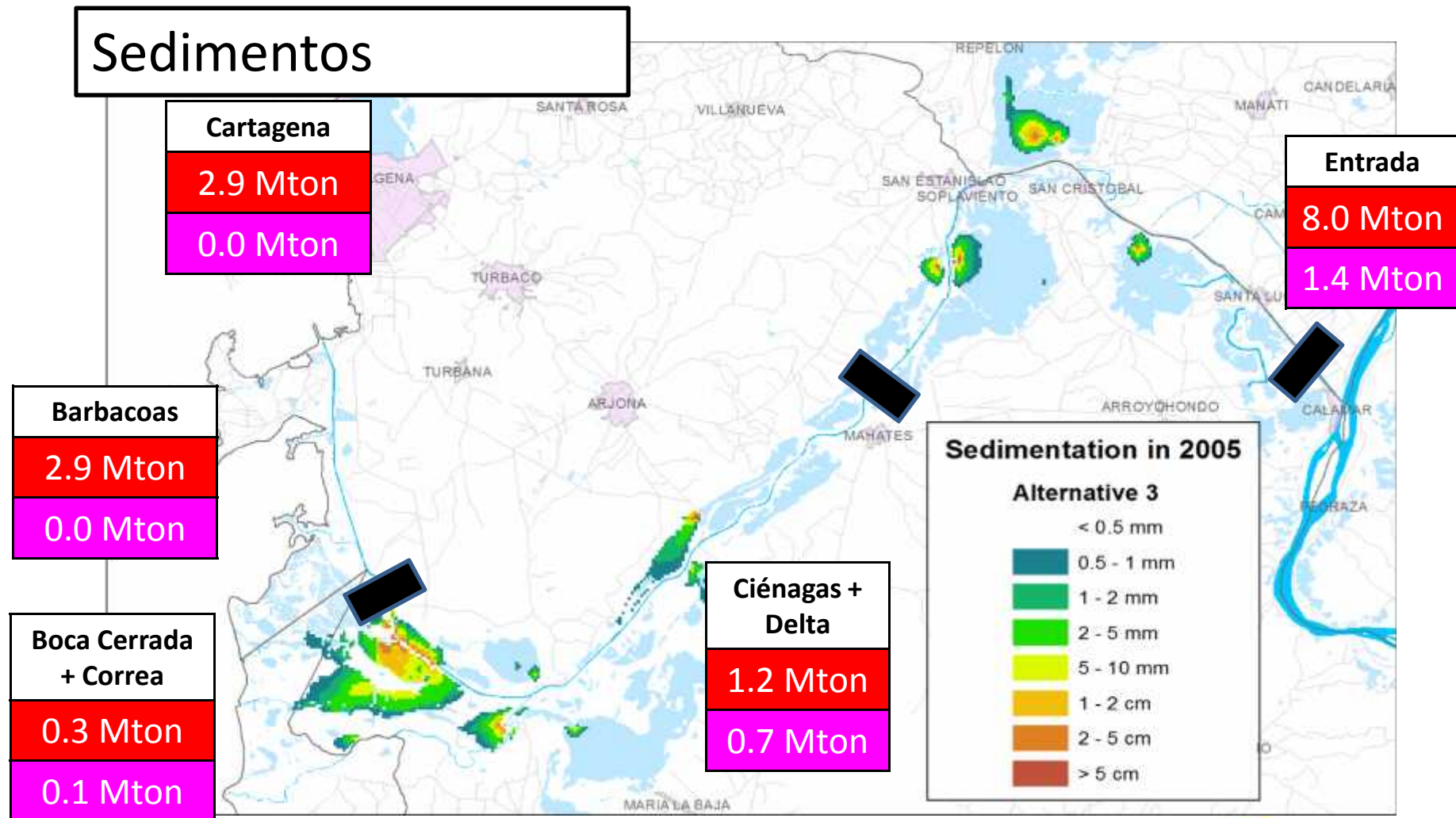
## Caudales Entrada Canal Del Dique 2005

Situación Actual	Alternativa 3
17,658 Mm <sup>3</sup>	3,193 Mm <sup>3</sup> (-78%)





# Alternativa 3: Control Total





# Alternativas: Resumen de reducción de Caudales

Balance de Caudales - Total en 2005 (millones de m <sup>3</sup> /año)					
Sitio		Referencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Entrada	Calamar	17658	10016	7752	3193
Salidas	Pasacaballos	6729	3785	0	0
	Caño Lequerica	1631	911	0	0
	Caño Matunilla	5734	3231	0	0
	Boca Cerrada	2003	1236	6095	1791
	Caño Correa	1560	852	1657	1402

# Alternativas: Resumen reducción de Sedimentos Suspendidos

Balance de Sedimentos Suspendidos - Total en 2005 (millones de Tons/año)					
Sitio		Referencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Entrada</b>	Calamar	8.0	4.8	3.8	1.4
<b>Sistema</b>	Sedimentación Canal	0.0	0.0	0.4	0.6
	Sedimentación caños al mar	0.3	0.2	0.0	0.0
	Sedimentación otros caños	0.4	0.3	0.3	0.1
	Desborde a las ciénagas	0.9	0.6	1.1	0.3
	Desborde al delta	0.3	0.1	1.5	0.4
<b>Salidas</b>	Pasacaballos	2.9	1.7	0.0	0.0
	Caño Lequerica	0.6	0.4	0.0	0.0
	Caño Matunilla	2.3	1.4	0.0	0.0
	Boca Cerrada	0.0	0.0	0.2	0.0
	Caño Correa	0.3	0.2	0.2	0.1

# Sistema de ciénagas: Capote

Periodo seco

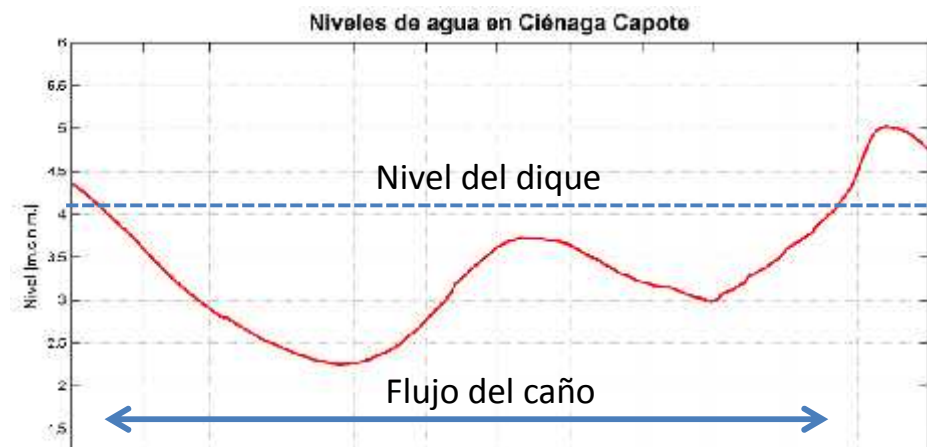


## Situación Actual Ciénagas:

3 Ciénagas conectadas

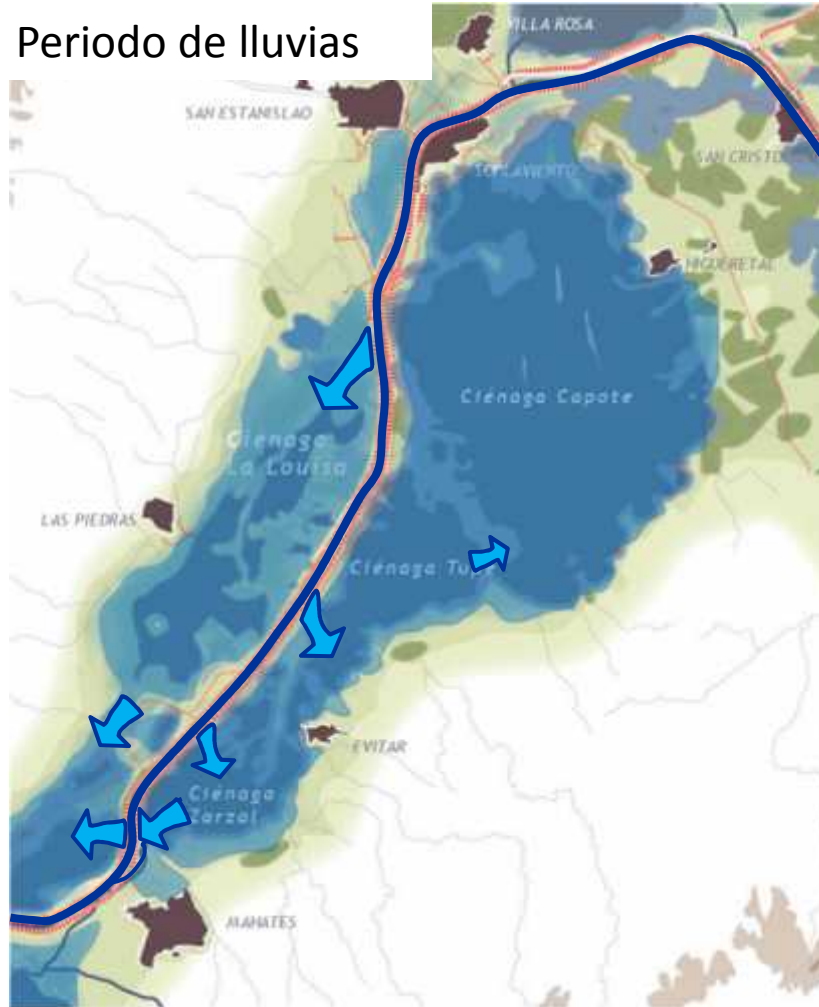
- Capote
- Tupe
- Zarzal

Ciénaga Zarzal siempre conectada con Canal via caño Mahates



# Sistema de ciénagas: Capote

Periodo de lluvias

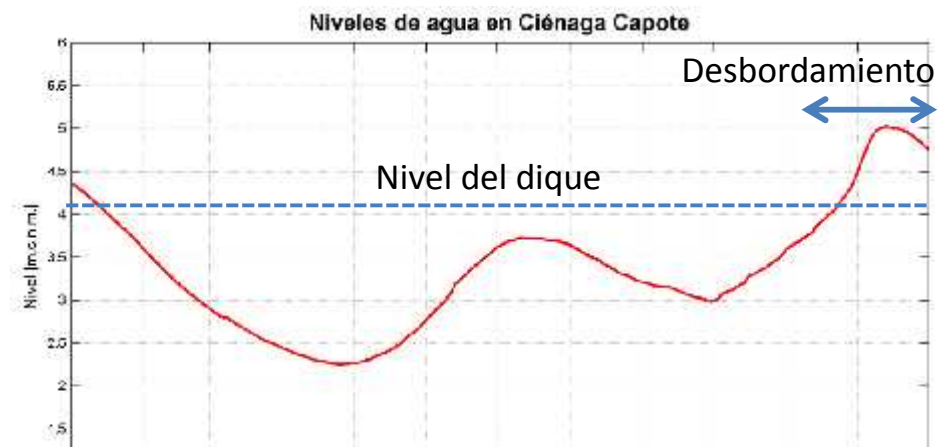


## Situación Actual Ciénagas:

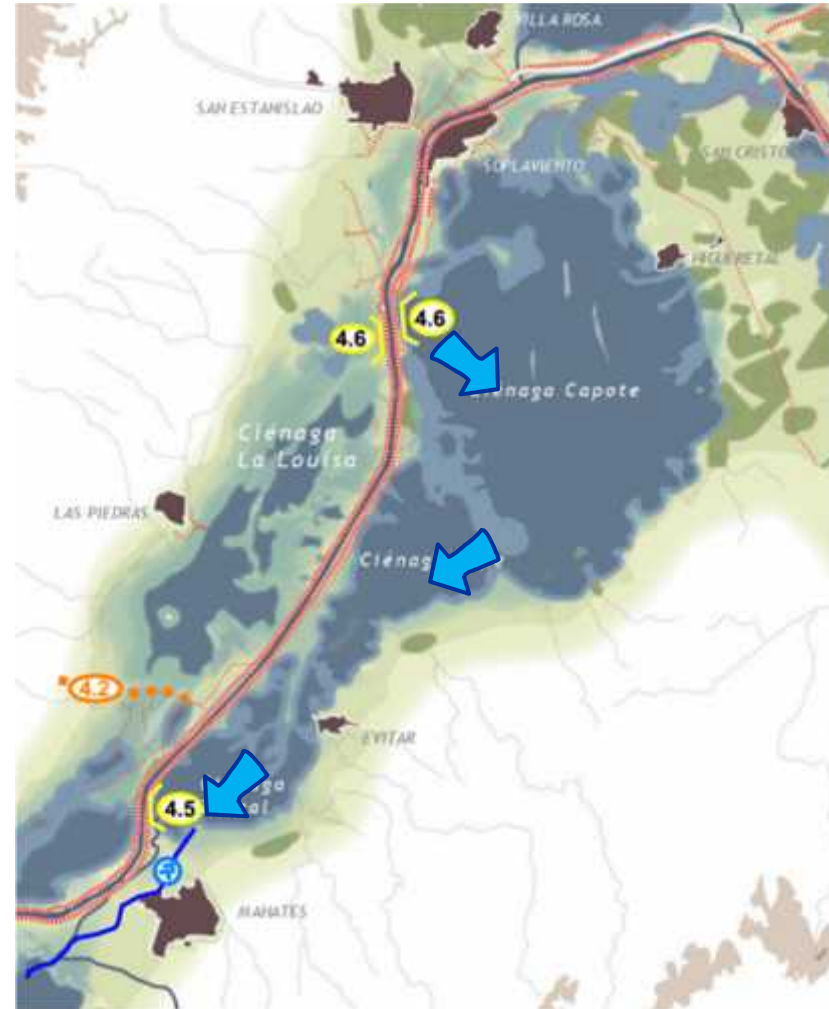
Desbordamiento a Tupe y Zarzal

Tiempo de residencia:

- Capote: 198 días
- Tupe: 16 días
- Zarzal: 7 días







# Sistema de ciénagas: Capote

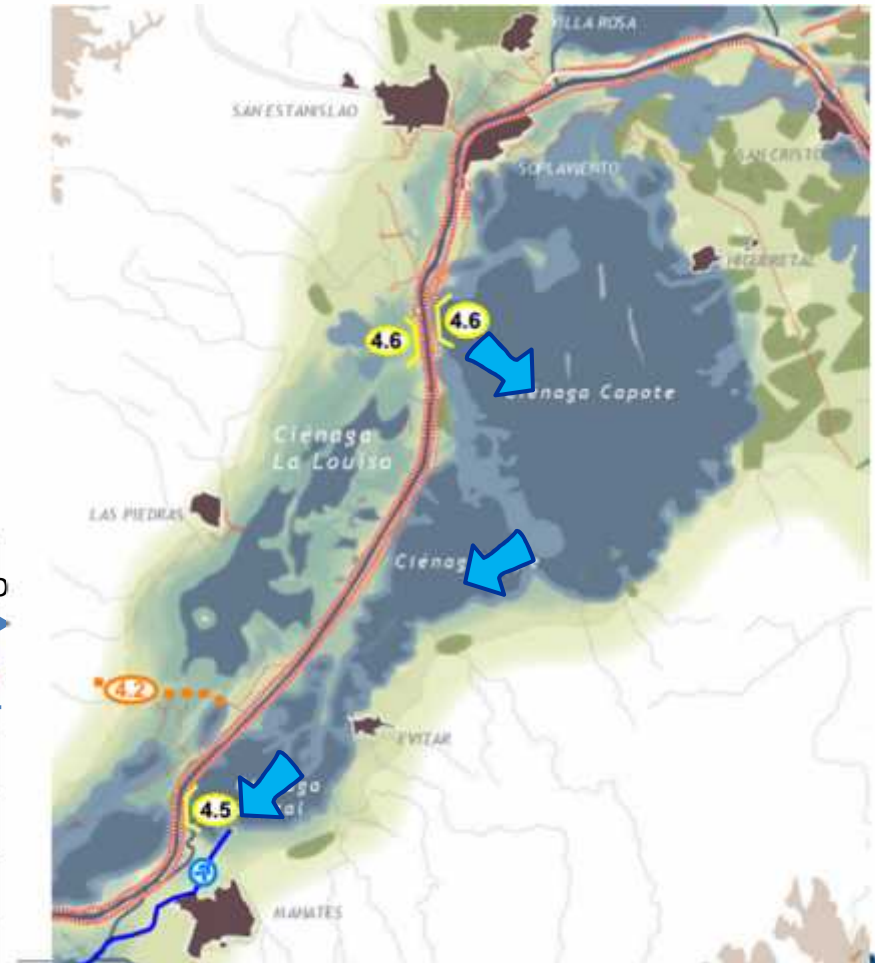
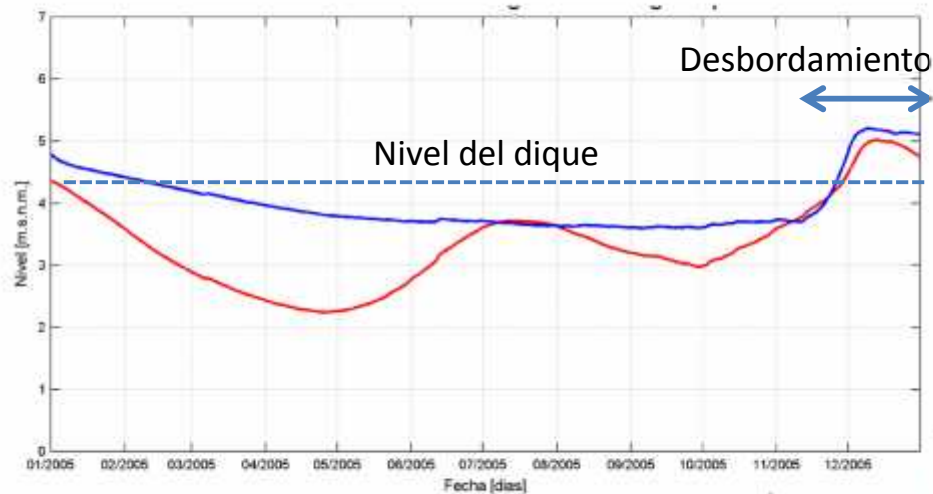
## Alternativa 2:

Volumen promedio: +34%

Nivel maximo: igual

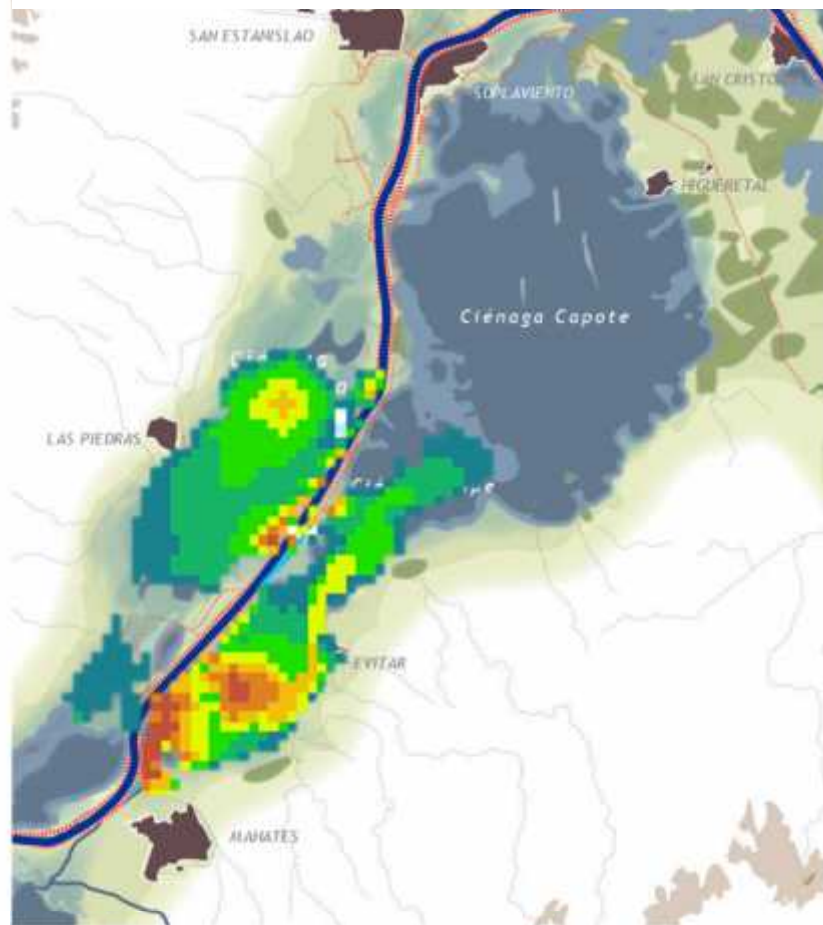
Tiempo de residencia:

- Capote: 120 días
- Tupe: 21 días
- Zarzal: 12 días

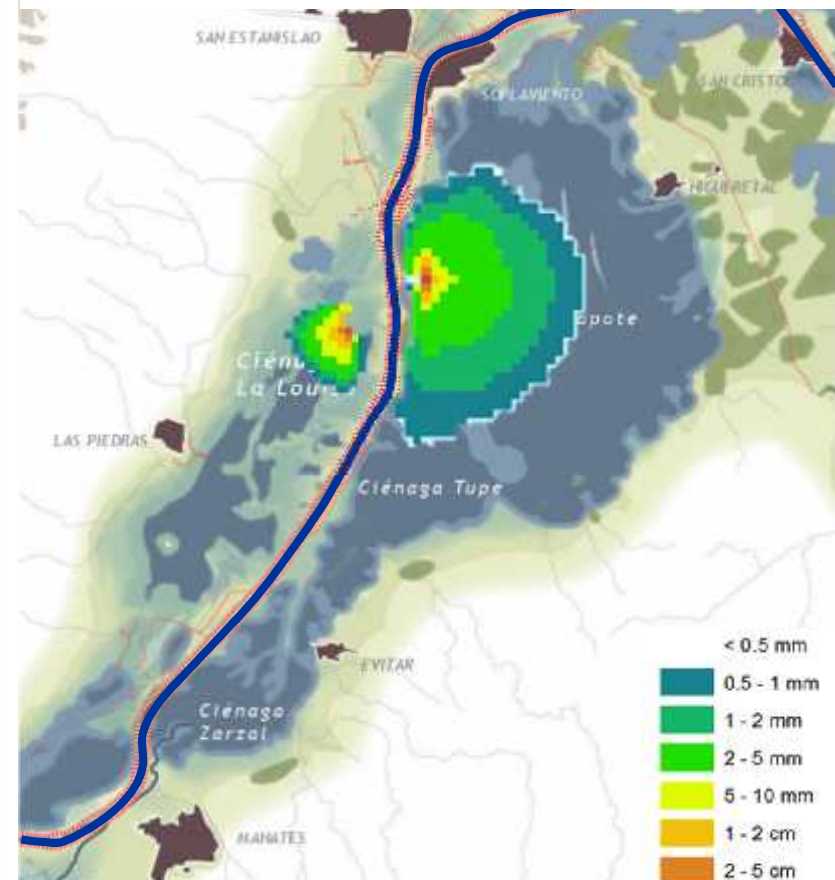


# Sistema de ciénagas: Capote

**Situación Actual**  
Sedimentación en 2005



**Alternativa 2**  
Sedimentación en 2005

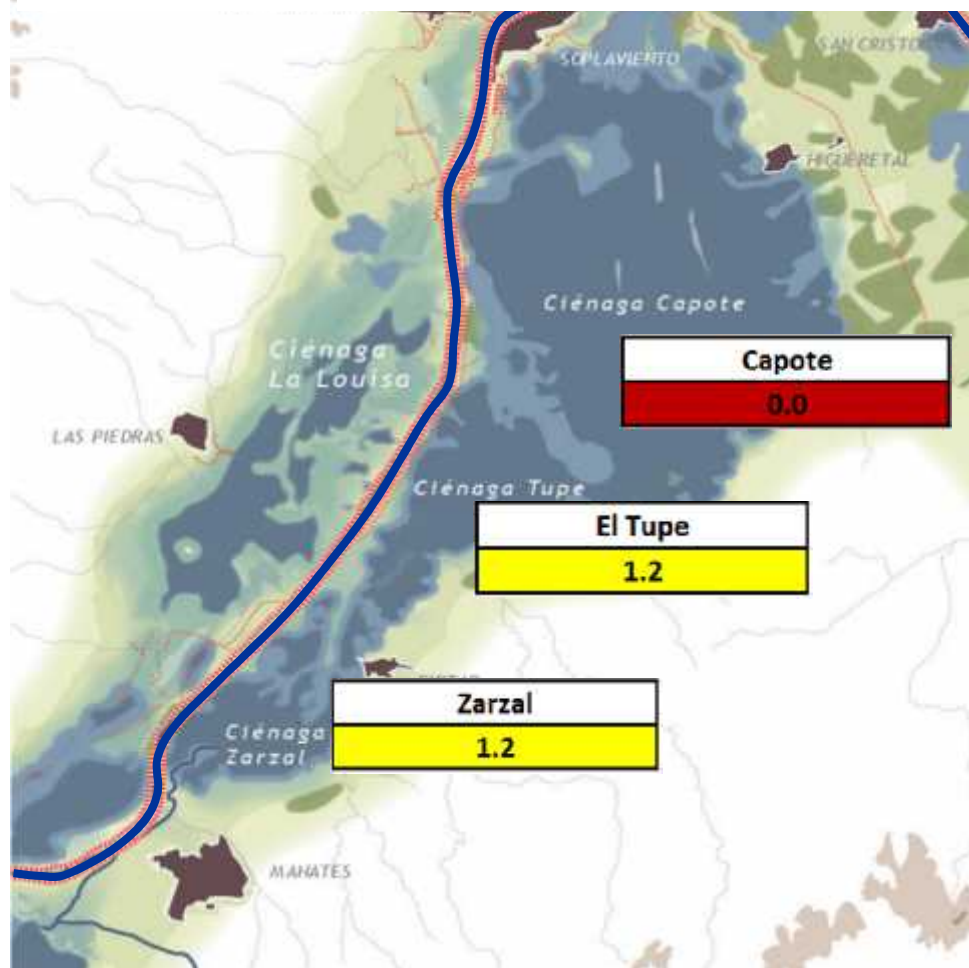




# Sistema de ciénagas: Capote (productividad primaria)

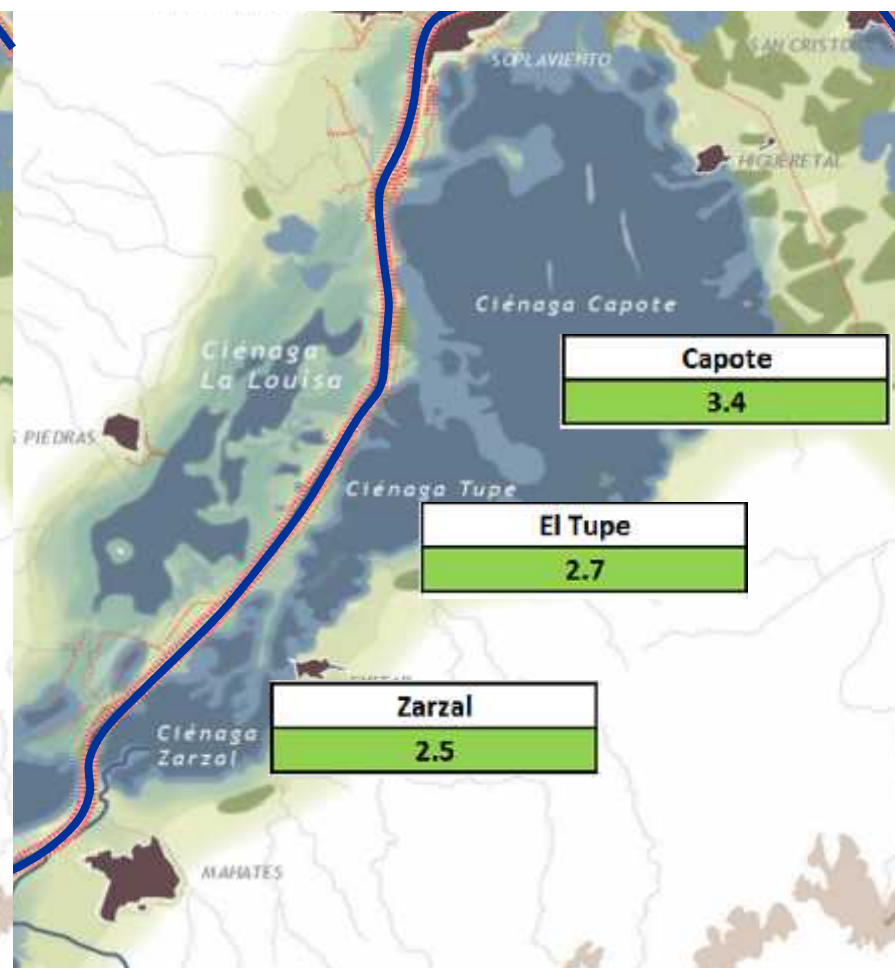
## Situación Actual

Calidad del agua: Producción Primaria (gC/m<sup>2</sup>/día)



## Alternativa 2

Calidad del agua: Producción Primaria (gC/m<sup>2</sup>/día)

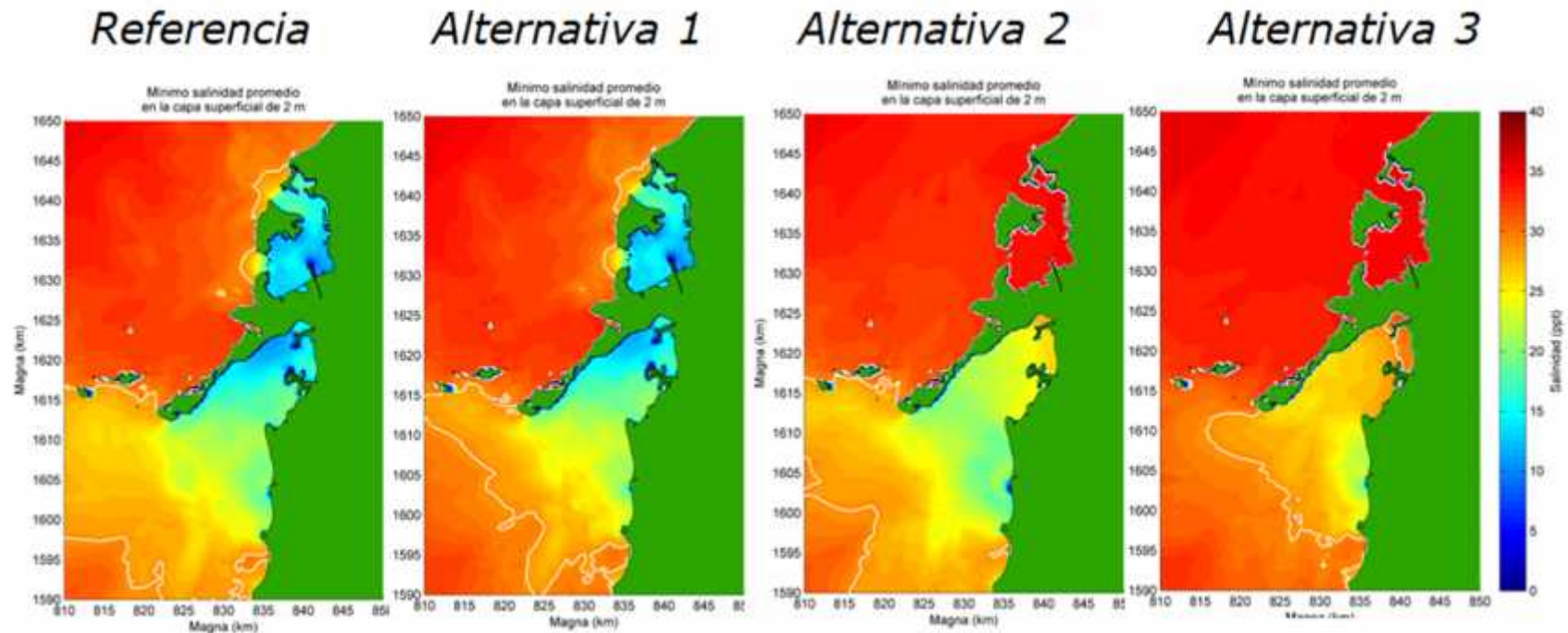




# AMBIENTE MARINO:

## Efecto en zona costera

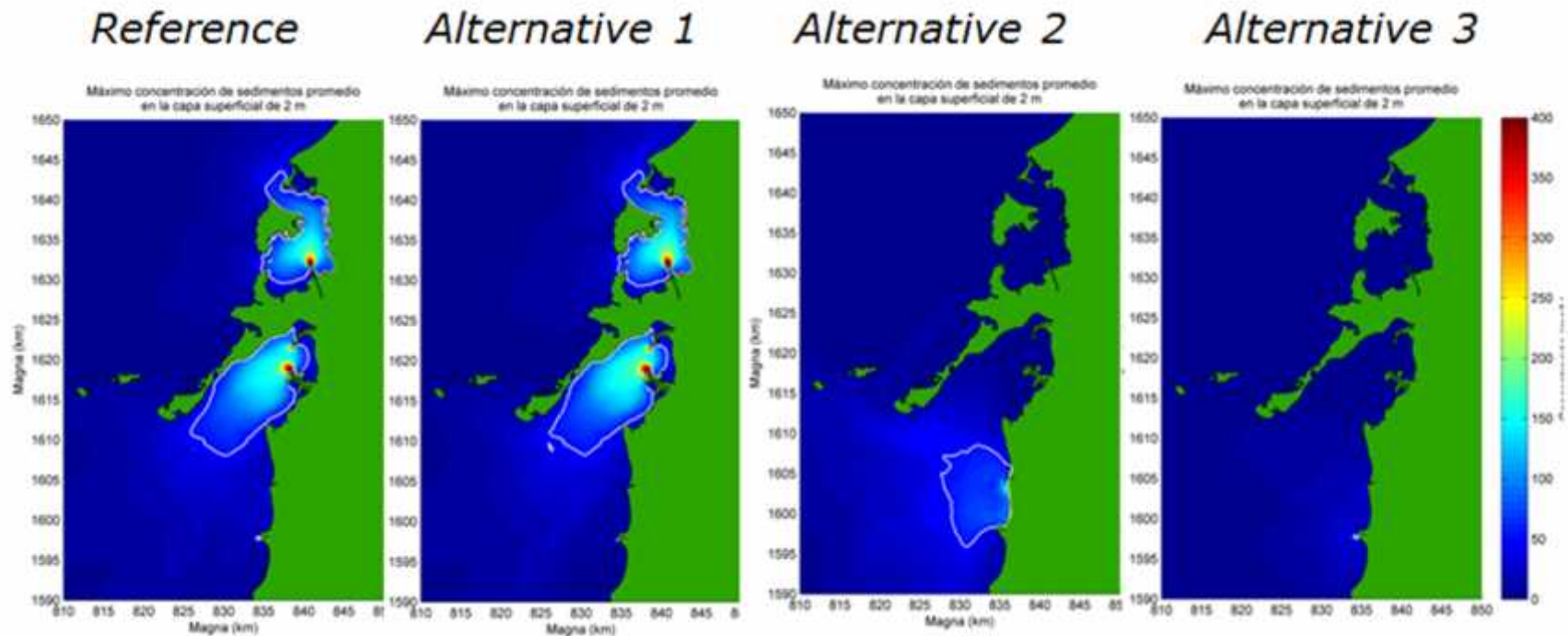
Salinidad (Junio 2011)



# AMBIENTE MARINO:

## Efecto zona costera

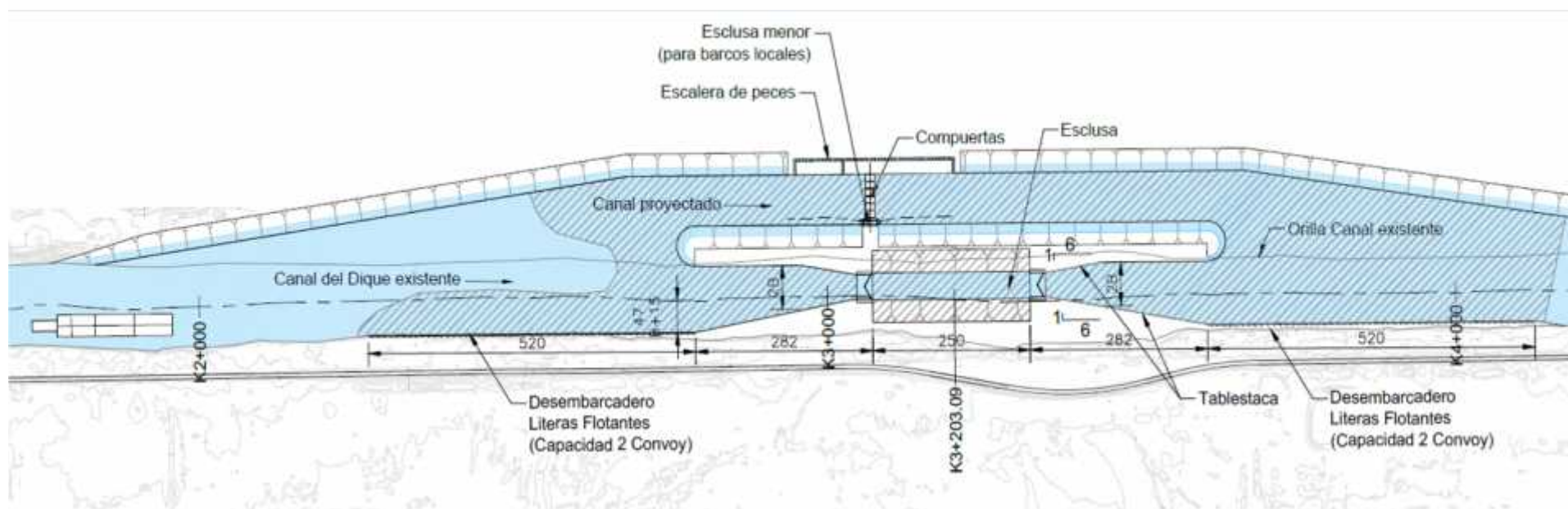
Sedimentos (Junio 2011)



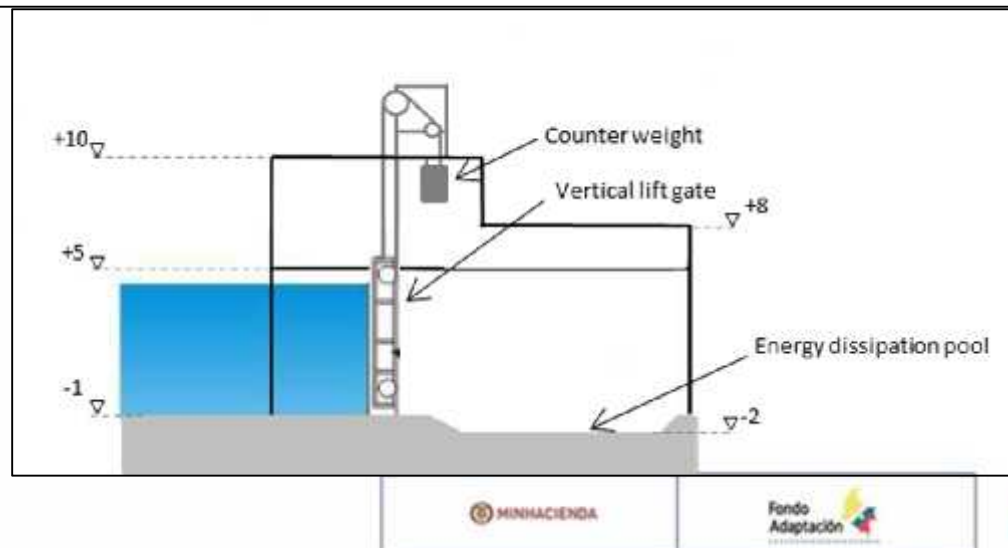
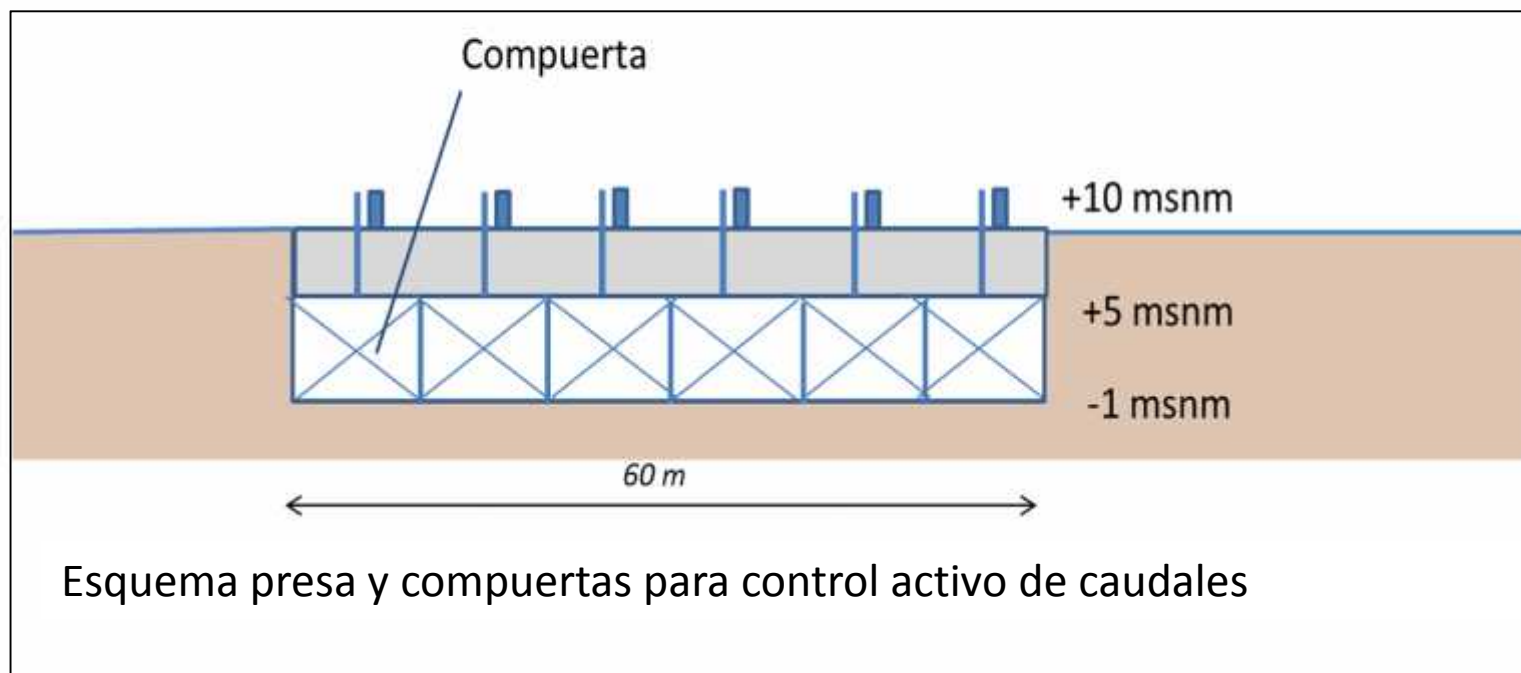
## Complejo base de obras Calamar

### Funciones:

- Controlar las caudales que entran el Canal del Dique. Mantener la navegabilidad y migración de peces

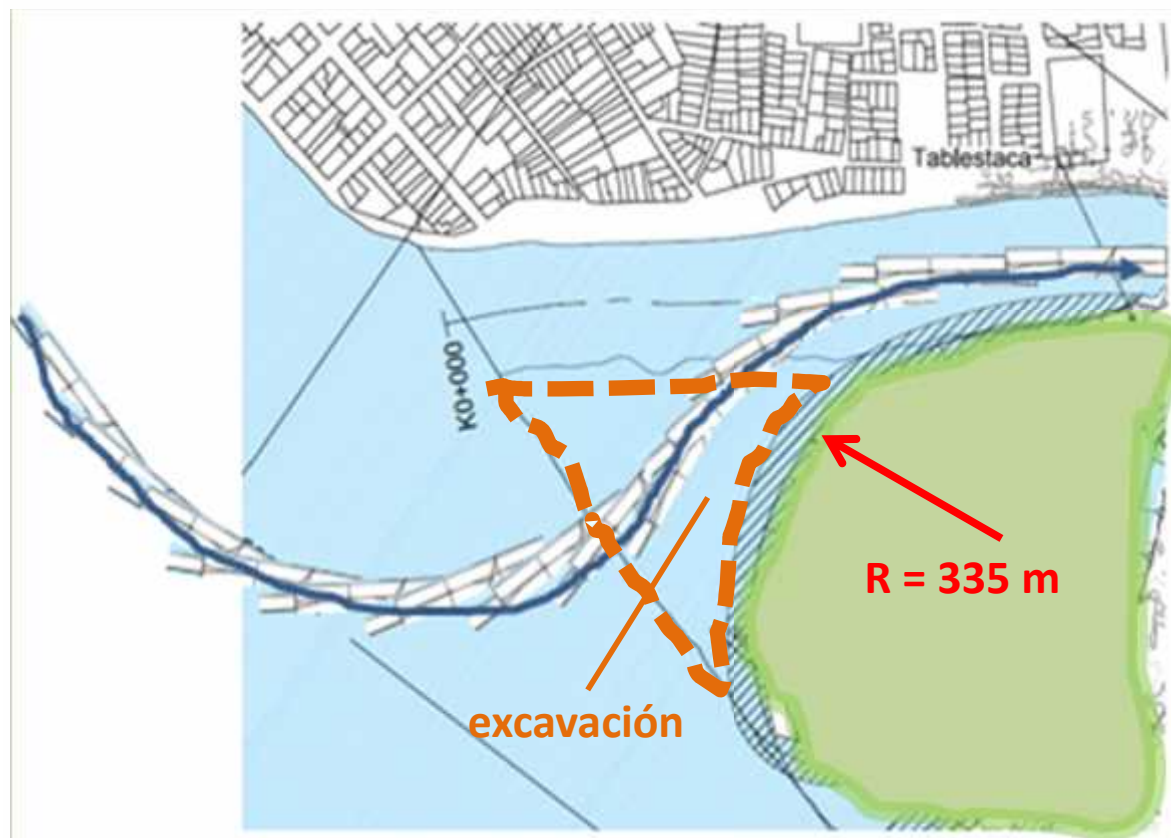


## Presas y compuertas para control activo de caudales - Calamar





## Mejoramiento entrada Canal del Dique (Calamar)



### Función

- Permitir que el convoy de diseño entre sin desmontarse en una maniobra segura y suave.

### Requerimientos:

- Radio de la curva: 335m

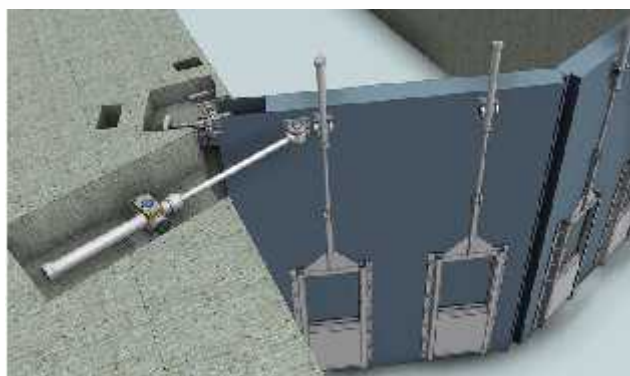
### Cantidades de excavación:

- 1.5 millón m<sup>3</sup>
- Simulación con modelo SHIPMA
- Geometría de la entrada con modelo Delft 3D

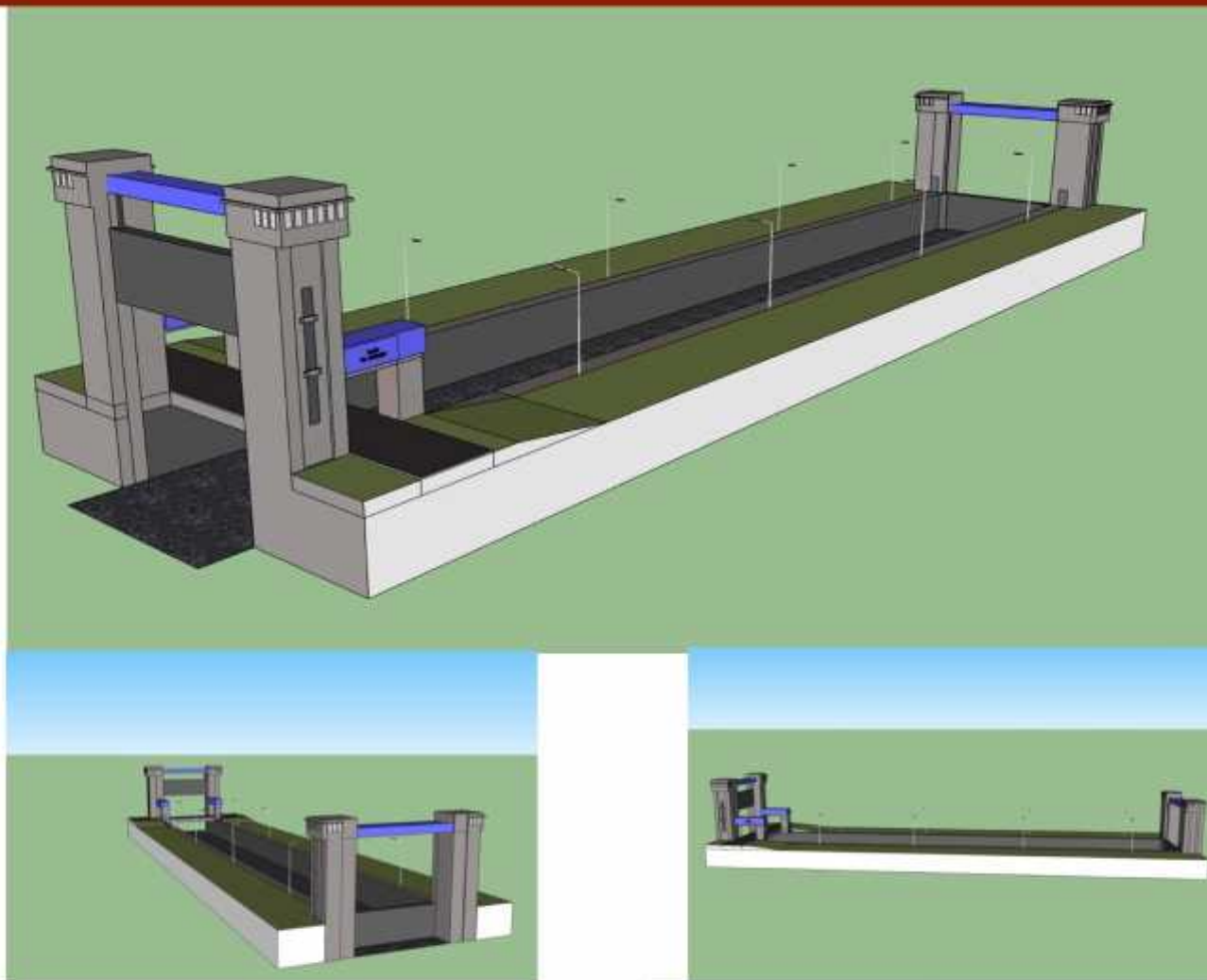
# Calamar Esclusas tipo green lock con compuertas Mitre

## Características:

- Retener una diferencia máxima de 8 m de agua (9.5msnm - 1.5msnm)
- Estructura de -1msnm a 10 msnm
- Cámara de la esclusa de 250m x 35m
- Nivelación por flujo de gravedad
- Compuertas tipo Mitre o de levantamiento vertical
- Cámara de tipo la Green o grey Lock, o sea las paredes de la cámara de la esclusa están construidas como taludes naturales, o con cámara de concreto



## Vista 3D de esclusa con cámara de concreto o tablestaca y compuerta vertical.

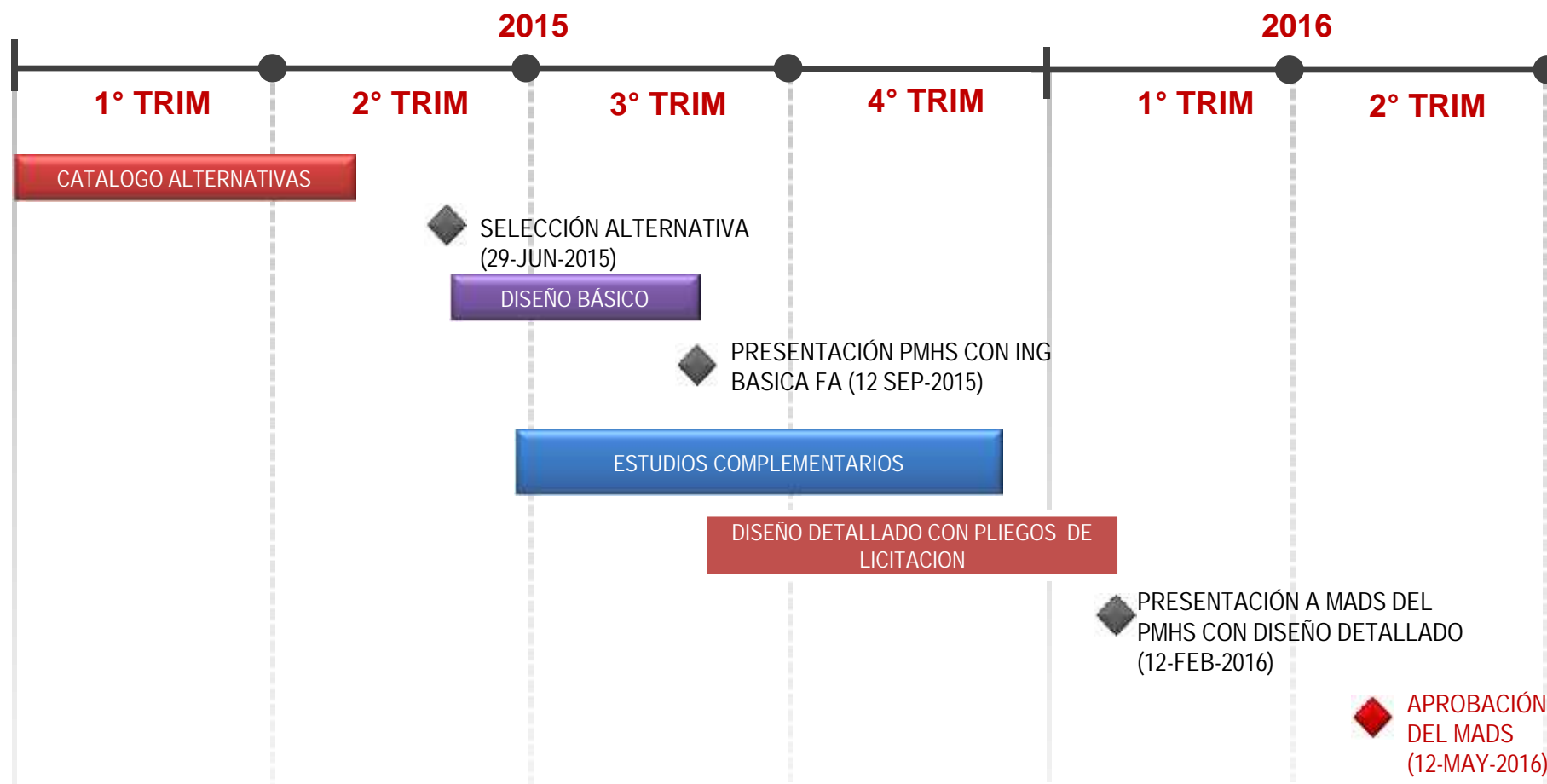


## Esclusa grey lock (con cámara con tablestacado) Saint Andries en Holanda





# CRONOGRAMA FASE 1: DISEÑO OBRAS DEFINITIVAS Y PMHS



**PMHS** = Plan de Manejo Hidrosedimentológico

## CRONOGRAMA FASE 2: CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DEFINITIVAS



12 FEB 2016

PROCESO DE LICITACION Y CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DE CONTROL DE CAUDALES Y  
SEDIMENTOS DEL PMHS



12 MARZO 2018 ENTREGA DE  
LAS OBRAS

OPERACIÓN, MATENIMIENTO Y  
MONITOREO DE LAS OBRAS Y  
DEL SISTEMA

MINISTERIO DE

Fondo  
Adaptación



## Comparativo Costo Alternativas:

	Alternativa 1 Miles de millones	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo total en miles de millones COP	818	1,135	1,546
Costo total en millones de USD	348	483	658

### Incluye:

Presa de control de caudales,  
Esclusas de navegación principal,  
Esclusa para navegación embarcaciones menores,  
Escaleras para peces,  
Conexiones ciénaga-canal y ciénaga – ciénaga,  
Sistema de control y automatización  
Compensación, mitigación  
Adquisición predial,  
AIU – IVA,  
1USD = 2,350 COP

# ALTERNATIVA PREFERIDA:

## Consideraciones:

- Todas las alternativas logran incrementar el nivel de protección contra inundaciones con periodo de retorno 1/100 años en el río Magdalena y Sistema Canal del Dique.
- Todas las alternativas permiten un régimen de control activo de caudales con el cual se mejora la elasticidad de Ciénagas, la calidad del agua y la productividad. Existen diferencias entre las ciénagas las cuales se determinaron con la modelación hidráulica y calidad del agua y fueron analizados en el AMC.
- La reducción del caudal de la alternativa 1 causa una reducción del nivel de agua en el canal la cual tiene consecuencias negativas para el nivel de algunas ciénagas en la cuenca baja.
- Aunque la alternativa 1 logra reducir los caudales de agua dulce y sedimentos hacia las Bahías y las Islas, no logra mejorar las condiciones en las Bahías de tal forma que se puedan recuperar sus ecosistemas y sus servicios ecosistémicos. Por lo tanto la inversión en este aspecto de los objetivos no es productiva.



## ALTERNATIVA PREFERIDA:

- Para las alternativas 2 y 3 las inversiones en las obras si permiten reducir el caudal suficiente para poder recuperar las Bahías.
- Para la alternativa 2 se logra restaurar las condiciones para las Islas del Rosario para gran parte del tiempo, pero con los pulsos de la modelación no se logran todos los objetivos. La expectativa es que en la mayoría de los años hay una mejora y que existen posibilidades de reducir el impacto restante ajustando el régimen de las operaciones de control de caudales.
- La alternativa 3 da para las Islas los mejores resultados.
- El costo de la alternativa 3 es mucho mayor y los beneficios adicionales que se esperan obtener son marginales en relación con su costo.

# Alternativas y Objetivos del proyecto:

Alternativas y los Objetivos:				
Objetivo	Situación actual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
(i) Control de inundaciones y regulación activa del ingreso de caudales	X	√√	√√√	√√√
(ii) Control de los niveles del agua en el canal	X	√	√√	√√√
(iii) Control de tránsito de sedimentos entre el Canal y:				
- Bahía de Cartagena	X	√	√√√	√√√
- Bahía de Barbacoas	X	√	√√	√√√
- Islas del Rosario	X	√	√√√	√√√
(iv) Mejoramiento de las conexiones ciénaga - ciénaga y ciénaga - canal	√	√√	√√√	√√√
(v) Aseguramiento del uso del recurso hídrico del canal para riego, agua potable y otros servicios	√	√	√√√	√√√
(vi) Garantizar la navegación	√	√	√√	√√√
(vii) Control de la intrusión de la cuña salina	X	X	√√√	√√√

# Comparativo Alternativas:

## Conclusiones:

- La alternativa 1 cumple parte de los objetivos pero no logra mejorar suficiente las condiciones de los ambientes marinos y por lo tanto no se recomienda.
- La alternativa 2 cumple todos los objetivos y garantiza la restauración de las bahías y de las Islas del Rosario. Los impactos son relativamente pequeños y mitigables.

# Comparativo Alternativas:

## Conclusiones (cont) :

- La alternativa 3 cumple todos los objetivos como la alternativa 2 y tiene los mismos impactos que la alternativa 2 aguas abajo de Puerto Badel. Los impactos son relativamente pequeños y mitigables. Aunque permite un mejor control de niveles de agua a las ciénagas y el delta, su costo es el mas alto con beneficios marginales y tiene limitaciones presupuestales.
- La Alternativa 2 cumple con los todos objetivos, genera oportunidades y la posibilidad de desarrollar otros proyectos, se encuentra dentro del presupuesto y es por lo tanto la alternativa costo-efectiva.



# Comparativo Alternativas:

## Recomendaciones:

- **Seleccionar la alternativa 2** como alternativa preferida para continuar con el diseño detallado de las obras y la preparación del plan de manejo hidrosedimentológico.
- **Optimizar el diseño de esta alternativa 2** para reducir los impactos e incrementar los beneficios.

# GRACIAS POR SU ATENCION

