

**VIABILIDAD DE DIQUE CARRETEABLE CONSTRUIDO EN LA ECO REGIÓN
DE LA MOJANA, COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR INUNDACIONES**

**NICOLÁS ROJAS RODRÍGUEZ
ANDREW SNIT ORJUELA VILLEGAS**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2013**

**VIABILIDAD DE DIQUE CARRETEABLE CONSTRUIDO EN LA ECO REGIÓN
DE LA MOJANA, COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR INUNDACIONES**

**NICOLÁS ROJAS RODRÍGUEZ
ANDREW SNIT ORJUELA VILLEGAS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2013**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

Director de Investigación
Ing. Paula Andrea Villegas González

Asesor Metodológico
Ing. Juan Carlos Ruge Cárdenas

Jurado

Bogotá D.C., diciembre de 2013

Agradezco a Dios que me ha dado la fuerza y me ha permitido llegar hasta este punto tan significativo para mi vida, a mi familia mi padre Jaime rojas, mi madre Zoila Rodríguez y mi hermano Alexandre Rojas que han sido un apoyo incondicional, acompañándome con paciencia en las circunstancias más duras, por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios y contar con ellos en cualquier momento de mi carrera y de mi vida, a mi novia Yuliet López la cual me ha acompañada en toda mi carrera y ha sido mi voz de aliento en momentos en los que me sentía agobiado, agradezco a mi compañero Andrew Orjuela quien estuvo conmigo en todo mi proceso como estudiante y fue un apoyo y una persona que me brindo mucha ayuda cuando se me dificultaba alguna cosa, y por ultimo agradezco a la ingeniera Paula Villegas por compartir su conocimiento con migo y poder permitirnros llevar a cabo el trabajo de grado y con él la culminación de mi carrera como Ingeniero Civil.

Nicolás

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha dado en el transcurso de mi vida y lograr cumplir algunas metas que me he propuesto hasta ahora. Doy gracias a mi madre María del Carmen Villegas por todo el apoyo brindado en mi estudio y su acompañamiento en todo. A mi padre Luis Carlos Rangel por su apoyo y todos los conocimientos que me dio para complementar mi carrera. A mi hermano Sebastián Rangel por su compañía incondicional; y a toda mi familia por sus consejos, apoyos y el positivismo que me daba cada día. A mi amigo Nicolás Rojas por toda la compañía brindada en la carrera, y a todos mis demás compañeros por compartir experiencias y momentos en este tiempo. Finalmente a la ingeniera Paula Villegas por brindarnos su asesoría y llevar a cabo el proyecto de grado, y así mismo completar la carrera como ingeniero Civil.

Andrew Snit

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A la Universidad Católica de Colombia por abrirles sus puertas para realizar sus estudios profesionales apoyada por medio de un excelente grupo de profesionales quienes les brindaron una excelente educación.

Su directora del proyecto investigativo Ing. Paula Andrea Villegas González quien con su trayectoria, experiencia y asesoría les brindó la información necesaria para llevar a feliz término esta investigación.

Todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron parte de su crecimiento como personas y como profesionales.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. ANTECEDENTES	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 GENERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
5. MARCO DE REFERENCIA	19
5.1 MARCO TEÓRICO	19
6. ESTADO DEL ARTE SOBRE DIQUES	24
6.1 INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIQUES Y LOS TIPOS	24
6.1.1 Dique natural	24
6.1.2 Diques artificiales	25
6.1.3 Funciones de un dique	29
6.2 IMPACTOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES	33
6.2.1 Impactos económicos	34
6.2.2 Impactos sociales	36
6.2.3 Impactos ambientales	39
6.2.4 Impactos constructivos	41
7. ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL DIQUE EN LA REGIÓN DE LA MOJANA	45
8. PROPUESTA DE MEJORA	53
8.1 PROPUESTA N° 1	53
8.2 PROPUESTA N° 2	57
9. CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	65

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Impactos económicos positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques	34
Cuadro 2. Impactos sociales positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques	36
Cuadro 3. Impactos ambientales positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques	39
Cuadro 4. Impactos constructivos positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques	41

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Dique natural	24
Figura 2. Dique artificial	25
Figura 3. Dique de contención	26
Figura 4. Dique rompeolas	27
Figura 5. Dique exento	28
Figura 6. Partes de un dique	29
Figura 7. Dique Het Keringhuis	31
Figura 8. Canal del dique	33
Figura 9. Región de Mojana	45
Figura 10. Dique vertedero	49
Figura 11. Delimitación del dique marginal	52
Figura 12. Simulación puertas gigantes	53
Figura 13. Puertas gigantes en funcionamiento	54
Figura 14. Funcionamiento de una puerta	55
Figura 15. Mapa con la implementación de la propuesta N° 1	57
Figura 16. Embudo del dique san Roque	58
Figura 17. Desembocadura de la presa	58
Figura 18. Mapa con la implementación de propuesta N° 2	60

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Planos propuesta 1, plano de corte transversal y en planta	65
Anexo B. Planos propuesta 2, plano de corte transversal y en planta	66

GLOSARIO

DELTA: es un accidente geográfico formado en la desembocadura de un río por los sedimentos fluviales que ahí se depositan. Los depósitos de los deltas de los ríos más grandes se caracterizan por el hecho de que el río se divide en múltiples brazos que se van separando y volviendo a juntarse para formar un cúmulo de canales activos e inactivos.¹

DIQUE: es un terraplén que tiene como propósito controlar o evitar el paso del agua, puede ser natural o artificial, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar.

ECORREGIÓN O REGIÓN ECOLÓGICA: es un área geográfica relativamente grande que se distingue por el carácter único de su morfología, geología, clima, suelos, hidrología, flora y fauna. El WWF (World Wide Fund for Nature) define una ecorregión como un área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, comparten condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo.²

GESTIÓN: es la asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades) lo que incluye:

- La preocupación por la disposición de los recursos y estructuras necesarias para que tenga lugar.
- La coordinación de sus actividades (y correspondientes interacciones).
- La rendición de cuentas ante el abanico de agentes interesados por los efectos que se espera que el proceso desencadene.³

RIESGO: probabilidad de que se registre un daño por acción de un agente, entrópico, biológico, físico o químico, bajo circunstancias específicas. La evaluación del riesgo es el proceso de evaluación de respuestas alternativas reglamentarias y no reglamentarias ante el riesgo para elegir entre ellas. Esta

¹ WIKIPEDIA. Delta fluvial. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Delta_fluvial>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

² BRUNCKHORST, David J. Bioregional planning: resource management beyond the new millennium. Sydney: Harwood Academic Publishers, 2000. p. 19.

³ FANTOVA, Fernando. Manual para la gestión de la intervención social: políticas, organizaciones y sistemas para la acción. Madrid: Editorial CCS, 2005. p. 23.

selección necesariamente requiere la consideración de los factores legales, económicos y sociales.⁴

⁴ FRAUME RESTREPO, Néstor Julio. Diccionario ambiental. Bogotá: ECOE Ediciones, 2006. p. 321.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad Colombia es un país afectado por fuertes temporadas invernales, las cuales provocan aumentos considerables de los caudales en algunos ríos, esto trae como consecuencias grandes inundaciones en sectores aledaños a estos, generando así inundaciones y problemas para los habitantes.

Los problemas de las inundaciones son más habituales de lo que parece, el principal inconveniente es que no Colombia está lista para afrontar este tipo de cosas y las consecuencias que acarrea este fenómeno natural. La eco región de La Mojana regula los caudales de los ríos Magdalena, San Jorge y Cauca, por ello enfrenta problemas de desequilibrio ambiental causado por la creciente de estos ríos que provocan que inundaciones incontrolables dejen muchas familias damnificadas y hasta personas muertas. Las pérdidas causadas por este fenómeno natural también son materiales pierden desde sus hogares hasta sus cultivos, sus animales y muchas de las personas que habitan allí viven de esto.

Contra la fuerza de la naturaleza es difícil luchar y predecir su comportamiento, por ello lo único que se puede hacer es mitigar los efectos causados por esta y/o generar mecanismos de adaptación. Las obras de infraestructura son posibles soluciones a los efectos de la lluvia. Los problemas fundamentales causados de por la lluvia en la eco región de La Mojana son las inundaciones por ello la construcción de diques han ayudado a combatir este problema. La función principal de estos ha sido evitar el paso de agua y su construcción puede ser natural o artificial, de esta forma se han tratado de construir en esta zona pero con resultados poco favorables como se verá el diagnóstico.

Los diques son una buena solución para los problemas que presenta la población de La Mojana con las inundaciones, pero como todos los proyectos, su construcción puede traer efectos secundarios ya sea para la economía, los componentes social y ambiental. En este proyecto se pretende dar a conocer los efectos causados por la construcción de un dique sobre estos factores y así ver si es viable o no. Partiendo de esto, se puede entrar a evaluar la mejorar la condición técnicamente su concepción y la calidad de vida de los habitantes de la región.

1. ANTECEDENTES

Los cambios climáticos que se observan en la actualidad llama la atención de diversos profesionales los cuales encaminan sus carreras a la solución de problemas que surgen a partir de dicho cambio.

Se decidió que la ingeniería civil podía aportar a la solución de problemas causados por los cambios climáticos como lo son el manejo de las inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos. Gracias a la ingeniera Paula Andrea Villegas hemos tenido la oportunidad de trabajar de su temática de tesis doctoral aportando al conocimiento de funcionamiento y viabilidad de los diques como obras de mitigación de inundaciones. De esta manera no hemos podido acercarnos a la problemática de una población que es golpeada por las olas invernales que se presenta en el mundo. Nos llama mucho la atención en poder ayudar a estas personas empleando nuestra carrera como alternativa para generar soluciones a esta triste realidad que vive más de una población a nivel mundial.

La ingeniería civil trata diferentes ramas, una de estas es la rama de estructuras, una de las más complejas pero al mismo tiempo una más influyente dentro de esta carrera. A los dos integrantes del proyecto nos ha interesado esta rama por ello decidimos unir tanto la problemática causada por los cambios climáticos y las estructuras, con el fin de plantear soluciones.

Existen diversas estructuras las cuales ayudan a controlar los efectos causados por niveles de precipitación muy altos, pero gracias a que la ingeniera Paula Andrea Villegas hemos podido analizar de cerca la forma en la que se está manejando el problema de la inundación con el apoyo de diques. El dique carretable que fue diseñado por la Universidad Nacional y construido en el año 2007, no ha cumplido con su objetivo y es por esto que en este trabajo de grado se hace pertinente al querer acercarse a la problemática desde la Ingeniería.

En este sentido, el trabajo muestra tanto la viabilidad de la construcción de esta estructura como el mejoramiento de la misma en pro de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la población y generar un mejor diseño o sugerencias para aumentar el rendimiento del dique actual.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Determinar la viabilidad del dique carreteable construido en la eco región de La Mojana, como alternativa para mitigar las inundaciones.

2.2 ESPECÍFICOS

- Realizar un estado del arte sobre diques y su funcionamiento.
- Identificar impactos positivos y negativos que puede llegar a traer la construcción de un dique en los diferentes ámbitos ya sea social, económico, ambiental, etc.
- Analizar el diseño actual de dique construido en la región de La Mojana y sugerir mejoras, con el fin de optimizar su rendimiento para la óptima mitigación de las inundaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se hace con el fin de determinar la viabilidad de construir un dique en la eco región de La Mojana, dicho dique se construye con el fin de mitigar las consecuencias causadas por las olas invernales que azotan a Colombia en la actualidad.

Naturalmente la construcción de cualquier tipo de infraestructura trae consigo una serie de cambios en este caso la obra es un dique, que puede llegar a traer cambios de índole económico, social y ambiental; se espera analizar los cambios que se generan desde esas tres perspectivas ya sean positivas o negativas. Todo se hace en pro de una comunidad que año tras año ha sufrido de inundaciones de gran magnitud, han perdido sus cultivos y su ganado. Adicionalmente están incomunicados por que su vía principal se inunda dejando como único medio de transporte lanchas, y la ayuda del gobierno es mínima lo que garantiza poca recuperación y mejoramiento de las condiciones de vida de estas personas.

La construcción del dique a primera impresión solo trae cosas buenas para las población de La Mojana, pero hay que verla desde todos los puntos de vista y evaluando los pro y los contra que se generan desde el momento de su diseño hasta su implementación. Este proyecto se encamina a ver la construcción desde los puntos de vista económicos, sociales y ambientales, ya que una estructura de este envergadura puede llegar a contar con muchos aspecto negativos y positivos los cuales a simple vista no se ven y que pretendemos plasmar a lo largo de la investigación, aunque esto no quiere decir que esta no sea la solución para mitigar el fenómeno natural que azota a la eco región de La Mojana.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Determinar los impactos a nivel social, económico y ambiental que acarrea la construcción de un dique en la eco región de La Mojana, con el fin de identificar factores positivos y negativos que giran en torno a este.

La eco región de La Mojana necesita soluciones integras, que quiere decir esto, necesita soluciones que no solo le ayuden con los graves problemas de inundaciones a los que se ven sometida cada vez que llega la ola invernal en esa zona, sino que también necesita soluciones las cuales le permitan seguir cumpliendo con su función de regulador hídrico de ríos Magdalena, Cauca y San Jorge. Se pretende analizar “el que pasaría” si se mejorara el dique ya que en el componente social puede ser positivo pero en lo ambiental no; de esta manera, se pretende exponer diferentes posiciones y definir la viabilidad que tiene el dique en este sector o si en verdad es mejor buscar otra solución.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

La ecorregión de La Mojana es muy importante para el territorio nacional ya sea por sus humedales que ayudan para un equilibrio ambiental en el país su agricultura, ganadería, entre otros. Pero el principal problema que tiene esta región es la creciente de los ríos Magdalena, San Jorge y Cauca, por el invierno que llega anualmente. Pero ¿por qué ocurren inundaciones en esta región?, “Porque el Cauca llega a Colorado (Antioquia) a 15 metros de altura sobre la cuenca del San Jorge y, como la Serranía de San Lucas le impide desplazarse a la margen derecha, todo el torrente lo vierte en la margen izquierda, hacia La Mojana y el San Jorge”.⁵

Para poder solucionar este problema de inundaciones en la región, la principal propuesta fue reforzar el dique ya existente, en sus defensas así como la construcción de estructuras hidráulicas como compuertas o barreras como ocurrió en el lago Valencia en el estado de Aragua – Venezuela; en el que, se realizaron trabajos en la construcción de una barrera, que permitió reforzar el muro para que, la estructura resistiera la masa de agua del lago. En el que se usaron unos 500.000m³ de material, para la ejecución de la obra en la barrera y en el dique de contención. Así mismo “Con la construcción de este espaldón o barrera en La Punta, se elevaría el nivel del muro a la cota 415,50 metros sobre el nivel del mar, para proteger a las comunidades ribereñas del lago, mientras se ejecutan el trasvase de 28 kilómetros hacia el río Pao, que será la obra definitiva para el control de los niveles de la cuenca”.⁶

Otro problema de inundación en una zona que sea altamente riesgosa es, la liberación repentina de agua ya sea, que fueran causadas por el colapso de las capas de hielo o glaciares, presas volcánicas, desbordamiento de tierra, y con esto se forman depósitos de arena y rocas que varían de diferentes tamaños y que son llamados como los Outburst flood (estallo de inundación).

Un ejemplo de este fenómeno que causa roturas en diques Naturales, es en los Andes de la Argentina, ubicado en los Andes Norpatagónicos en la provincia de Chubut, el cual está compuesta por un circo glaciario y morrena frontal (depósitos

⁵ MARTÍNEZ SIMAHAN, Carlos. La Mojana: drama y esperanza de zona con historia de inundaciones. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.eltiempo.com/colombia/caribe/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-12062465.html>. [Consultado el 1 agosto 2013].

⁶ SIBCI. Diques: trasladan material para reforzar dique del Lago de Valencia. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/ciudad/ambiente/trasladan-material-para-reforzar-dique-del-lago-de.aspx>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

compuestos por piedras y barro), también se encuentra un depósito rocoso aguas abajo interpretado como un depósito de Outburst flood, que se formó por la rotura de un dique natural, pero que en este caso es un dique morrenico. En el estudio que se le realizó se dio a conocer que

La morena frontal del glaciar Derrumbe sufrió una rotura parcial en tiempos históricos, desatando así una inundación súbita aguas abajo de la laguna, a través del valle del río Tigre, en la localidad de Cholila. En este trabajo se analizaron las posibles causas que dieron lugar a la rotura, la cual probablemente sea producto del rápido retroceso que el glaciar experimentó durante la década del '50 y principios del '60. Retroceso comparable con el ocurrido en muchos de los cuerpos glaciares de los Andes Patagónicos durante el último siglo.⁷

El estudio que se le realizó a este fenómeno ya fue analizado anteriormente como por ejemplo en la Península Antártica (2007), en las montañas del oeste norteamericano (1985) y en los Andes (2005), así como también se hicieron modelos hidrológicos, para entender el porqué de las roturas de los diques naturales.

En ese trabajo se dio a conocer el por qué de la rotura de la Morrena y la salida de agua del mismo. Que no se le dio al inicio una edad precisa pero que con el tiempo; se estudió, tomando fotografías aéreas y dando como fin que este evento, ocurrió entre los años 1952 y 1964, y así fue catalogado como evento histórico en el país; también se evaluó la posibilidad de repetición de estos eventos en otras cuencas que tuvieran características iguales o similares.

Concluyendo con este estudio se dio a conocer que en esta zona había un oleaje producido, por las características de la laguna y el ambiente. Dando como resultado que el oleaje junto con el crecimiento del lago, creaban una ola, que sobrepasaría la altura del Dique Morrenico, y generarían inundaciones.

Otro colapso que se puede generar en un dique; es como por ejemplo el deslizamiento de rocas, que causa una presión de agua y esta presión va contra el dique.

Un resultado así ocurrió en Argentina durante el verano de 2005. En el que se originó en deslizamiento de rocas y detritos (sólidos que provienen de la

⁷ COLAVITTO, Bruno, ORTS, Darío L. y FOLGUERA, Andrés. El caso del Outburst Flood histórico de la laguna Derrumbe, Cholila, Chubut. Colapso dique Morénico en la Cordillera Norpatagónica. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v69n3/v69n3a12.pdf>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

descomposición de fuentes orgánicas) que origino una presa natural y formo un lago de gran volumen.

El 12 de noviembre de 2005, probablemente por la enorme presión generada por la masa de agua contra la presa, se produjo el colapso parcial del dique natural, originándose un inesperado aluvión que provocó numerosas pérdidas económicas en las principales localidades del departamento Calingasta y daños considerables en uno de los proyectos más relevantes de la provincia de San Juan, el dique Caracoles sobre el río San Juan. Debido a los costos elevados que implicaría la toma de medidas de mitigación en esta zona montañosa alejada y casi inaccesible, las principales medidas que se pueden tomar se refieren a sistemas de alerta temprana de aluviones agua abajo, el monitoreo hidrológico en la presa y un seguimiento satelital anual para conocer la evolución del deslizamiento.⁸

El objetivo principal de este estudio fue dar a conocer la susceptibilidad que se tiene para la ocurrencia de estos eventos de remoción de masa; con el fin de implementar equipos de monitoreo en regiones donde puedan ocurrir estos eventos naturales.

La quebrada del río Santa Cruz está ubicada en el Suroeste de la Provincia de San Juan, limite con la cordillera frontal y principal al noroeste del cerro Mercedario. Lo que sucedió en este sector se analizo por medio de fotografías aéreas e imágenes satelitales. La evolución del deslizamiento por los lados del río Santa Cruz, produjo la obstrucción del cauce por el colapso de la ladera. Este dique natural formo una laguna que a su vez origino un aluvión; que son, corrientes repentinas originadas por precipitaciones torrenciales y que están compuestas por arenas, gravas, etc.

Se concluyó que el aluvión ocurrió en dos etapas; primero, la forma repentina de un deslizamiento de rocas y detritos que origino un dique natural y la obstrucción del río Santa Cruz; y segundo, el posterior colapso del dique por la presión generada, por la masa de agua acumulada en el embalse.

Ahora bien; así como hay catástrofes naturales que pueden causar problemas en los diques y provocar inundaciones, tenemos también que los diques pueden ceder y fallar de acuerdo a sus diseños; así mismo pueden generar problemas de costos al país o la ciudad que desarrollo dicha obra.

⁸ PERUCCA, Laura y ESPER, Yanina. El deslizamiento de rocas y detritos sobre el río Santa Cruz y el aluvión resultante por el colapso del dique natural, Andes Centrales de San Juan. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v65n3/v65n3a14.pdf>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

Un ejemplo de esto; ocurrió en los diques de Nueva Orleans, el cual ya venía sufriendo problemas esta ciudad, por los vientos y la creciente de aguas que causo el paso de Katrina.

Estos diques están conformados por más de 560 km; que protegían a Nueva Orleans, ya que las aguas abrieron brechas y generaron el colapso en dicha obra. ¿Pero qué genero el colapso del sistema?, expertos en ingeniería y huracanes han asegurado que “el desastre lo motivaron los fallos en el diseño y la construcción de barreras. Reparados con parches temporales, los diques son ahora más susceptibles de sucumbir si el Rita golpea, aunque sea indirectamente, esta ciudad”⁹. Por consiguiente los ingenieros han colocado una barrera metálica donde cedió el dique de 61 metros; concluyendo que, los diques solo podrán soportar crecientes de hasta 3,6 metros. Con esto podemos decir que; si no se realiza un estudio detallado de la obra como tal y se construyen barreos que soporten una fuerza natural mínima y no alta, pueden causar catástrofes así como ocurrió en esta ciudad.

Un gran ejemplo de construcciones impotentes en el mundo con respecto a la ejecución de estas obras es; el Oosterscheldekering, o el dique de Oosterschelde en Holanda.

Es una impresionante construcción; que consta de, una barrera de 9 kilómetros en el mar de Oosterschelde en la provincia de Zelanda y que posee paneles que pueden cerrarse en el momento que sube la marea o en el momento en que haya fuerzas naturales como por ejemplo las corrientes tormentosas. Así mismo es definido como un producto de exportación holandés.

Es esta obra se ha estudiado en gran porcentaje todo lo que tiene que ver con; corrientes marinas, desplazamiento de arena y consecuencias ecológicas.

“La presa fue construida en una época en la que todavía no se hablaba del aumento del nivel del mar. La barrera es el elemento más importante del plan Delta, llevado a cabo después de la catástrofe de 1953, cuando grandes territorios en Holanda se inundaron”.¹⁰

⁹ NOAIN. Idoya. Los diques de Nueva Orleans cedieron por fallos de diseño. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/sociedad/los-diques-de-nueva-orleans-cedieron-por-fallos-de-diseño_204842.html>. [Consultado el 1 agosto 2013].

¹⁰ VAN DER TOL, Johan. El dique de Oosterschelde: producto de exportación de Holanda. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.rnw.nl/espanol/article/el-dique-de-oosterschelde-producto-de-exportacion-de-holanda>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

Esta obra apoya la ecología ya que, en vez de ser una presa cerrada que contenga el mar, optaron por un dique con aberturas. El cual se pueden cerrar con grandes paneles controlados hidráulicamente. Este ejemplo de construcción ya se ve reflejado en ciudades como Londres, San Petersburgo y Venecia que trabaja aun en esto.

Estos diques flexibles son necesarios en muchos lugares del mundo; en el que puede enfrentar el nivel del mar y así mismo pueden conservar el hábitat ecológico de las aguas. Pero cabe aclarar que estas construcciones son muy caras; pero al final llegan a ser una influencia positiva en la economía.

Un ejemplo actual y que está en construcción aun es; el dique Punta Negra en la provincia de Argentina; en el que es, el cuarto dique que se construye en esta provincia, el cual es, la única hidroeléctrica que se encuentra en construcción en todo ese país.

Los objetivos principales de esta obra son: el desarrollo económico y social de la provincia, crear un embalse para el dique y así lograr una explotación de su central hidroeléctrica y por ultimo un aumento en la generación de energía hidroeléctrica.

“La obra comenzó en el año 2010 y hace nueve meses se realizó uno de los eventos más importantes en la construcción de la represa, el desvió del río. Esto permitió dejar el espacio físico para iniciar la construcción del paredón”¹¹.

También se comentó que, “en octubre del 2014 comienza el embalse del dique y esperamos que para la puesta en funcionamiento se aprueben los permisos y no impliquen retraso en la obra”¹².

En el momento de finalización de la obra; la presa, tendrá 118 metros de altura y 723 metros de longitud. El agua pasara por 2 turbinas de 31,6 megavatios. Así mismo gracias a la caída del agua en las turbinas se podrá generara mayor cantidad de electricidad, siendo este un aspecto positivo generado por la construcción de la presa.

¹¹ DIARIO EL COCUYO. Diques. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.diariodecuyo.com.ar/home/new_noticia.php?noticia_id=518211>. [Consultado 1 agosto 2013].

¹² Ibíd.

6. ESTADO DEL ARTE SOBRE DIQUES

6.1 INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIQUES Y LOS TIPOS

6.1.1 Dique natural. Se llama dique natural al depósito de material arrastrado por un río en el borde del mismo, durante las crecidas del caudal, lo que va ocasionando, progresivamente, la elevación de la ribera. El estudio de los diques naturales de los ríos, así como de los puntos vulnerables que presentan para el eventual reforzamiento y elevación con diques artificiales, constituye un concepto esencial en los trabajos de mantenimiento que deben realizarse en todas las cuencas hidrográficas, sobre todo, en las zonas o áreas de escasa pendiente, más vulnerables a las inundaciones producidas por los ríos.¹³

Figura 1. Dique natural.



Fuente: WIKIMEDIA COMMONS. Mississippi River Delta from space. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mississippi_delta_from_space.jpg>. [Consultado 1 agosto 2013].

El delta natural de río Mississippi es un dique natural construido por los sedimentos del propio río, algunos de estos diques naturales están reforzados con dique artificiales ya que el nivel del agua los sobrepasaba.

¹³ STRAHLER, Arthur N. Physical Geography. New York: John Wiley & Sons, 1960, p. 356.

6.1.2 Diques artificiales. Se utilizan para prevenir la inundación en lugares aledaños a los ríos o mares; sin embargo también se utilizan para manejar o encaminar el flujo de los ríos a fin de darle un flujo más rápido. Estos son identificados como los diques de contención.

Figura 2. Dique artificial.



Fuente: PROBLEMAS DEL LITORAL. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-07/litoral.htm>>. [Consultado 1 agosto 2013].

Dique artificial construido en Champas en el altiplano peruano, se construyó con el fin de construir una defensa ribereña para la población.

Existen algunos tipos de diques artificiales:

- Diques de contención: Estos diques tradicionalmente son construidos, amontonando tierra a la vera del río. Amplio en la base y afilados en la cumbre, donde se suelen poner bolsas de arena. Modernamente los diques de defensas ribereñas son construidos siguiendo los criterios técnicos modernos para estructuras de tierra, y en muchos casos su estructura es compleja, comprendiendo una parte de soporte, un núcleo impermeable y drenes de pie para minimizar el riesgo de rupturas.¹⁴

Existen importantes sistemas modernos de diques a lo largo de los ríos Mississippi y Sacramento en EE. UU.; el Po y el Danubio en Europa.¹⁵

¹⁴ WIKIPEDÍA. Diques. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dique>>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

¹⁵ Ibíd.

Figura 3. Dique de contención.



Fuente: YONDÓ PREPARA REPARACIONES DE EMERGENCIA A DIQUE PARA EVITAR INUNDACIONES. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.yondo-antioquia.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd\[1090\]=x-1090-1699300](http://www.yondo-antioquia.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd[1090]=x-1090-1699300)>. [Consultado 1 agosto 2013].

Se trata de un dique artificial de contención, construido con el fin de contener el agua del río y evitar el desbordamiento del mismo, ayuda a que el cauce del río no cambie de trayectoria por erosiones causadas por el agua y la desviación del este.

- Dique rompeolas: estos no tiene la función de impedir la filtración del agua como los diques de contención, estos son estructuras artificiales que se construyen superponiendo capas de material de diferente granulometría, este tiene como función disipar la energía proveniente del oleaje como por ejemplo un puerto.

Existen diferentes tipologías de diques rompeolas, también llamados espigones como los son:

- ✓ En talud
- ✓ Vertical
- ✓ Flotante
- ✓ Etc.

Los diques en talud tradicionalmente se han construido mediante un núcleo de todo uno, encima del cual se superponen capas de elementos de tamaño creciente separados por capas de filtro.

Los diques verticales están formados por cajones de hormigón armado que se trasladan flotando al lugar de fondeo y se hunden, para después rellenarlos con áridos, de forma que constituyan una estructura rígida. Las ventajas de este tipo de diques son que para una misma profundidad, requieren mucho menos material que los diques rompeolas, y que se pueden prefabricar. Sin embargo, presentan algunas desventajas como son que concentran su peso en una superficie menor, y por lo tanto requieren un suelo más resistente para su colocación; y que reflejan gran parte del oleaje que incide sobre ellos, aumentando los esfuerzos sobre la estructura y dificultando la navegación en las inmediaciones del dique vertical. Además, no presentan una rotura gradual como sus homólogos diques en talud cosa que provoca que se hayan de dimensionar para olas de más altura.¹⁶

Figura 4. Dique rompeolas.



Fuente: KETCH. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.canalmar.com/diccionario/imagenes/ketch2.jpg>>. [Consultado 1 agosto 2013].

El dique rompeolas construido en la orillas de los mares con en el malecón de Ibiza, ayuda a reducir la fuerza de oleaje y protege el faro, que cumple la función de guiar a los barcos en las noches.

Dique exento: se construye separado de la costa y situado de forma paralela a esta, tiene como principal objetivo generar protección y estabilidad a la acción producida por el oleaje y las consecuencias que esta trae sobre la costa.

Los principales efectos se persiguen con dicha estructura son:

- Protege la estructura del puerto

¹⁶ Ibíd.

- Ayuda a controlar el proceso de erosión
- Crear de forma natural una zona de playa allí donde no existe.
- Paliar los efectos erosivos generados en la costa como consecuencia de temporales y tormentas.

Figura 5. Dique exento.



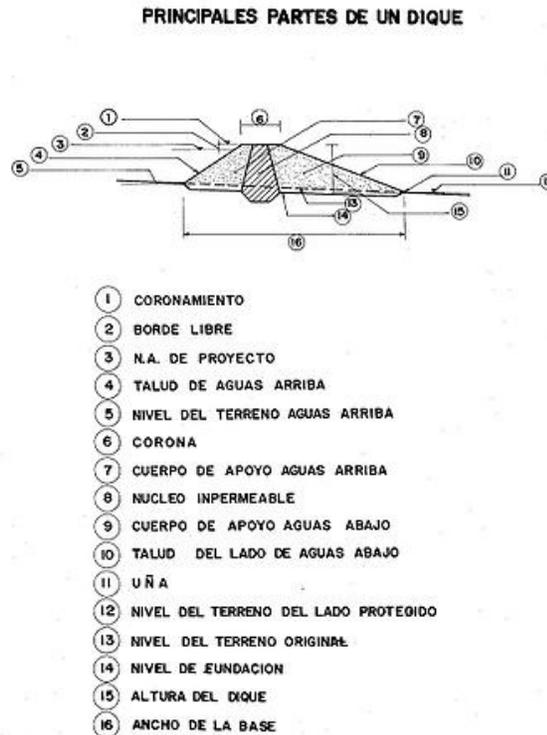
Fuente: LARA, Vanessa. Hanjin afianzará al Puerto de Algeciras como único líder del Mediterráneo durante años. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.diariosur.es/20080405/gibraltar/hanjin-afianzara-puerto-algeciras-20080405.html>>. [Consultado 1 agosto 2013].

Dique exento construido cerca a isla verde exterior, disipa le energía del mar, permitiendo que el agua llegue a la bahía con menor fuerza y permita la fácil navegación.

Son partes de un dique contención: la sección transversal que se aprecia en la imagen 6 es la sección de un dique de contención en tierra, con núcleo impermeable. Sus partes son:

- Coronamiento
- Borde libre
- Nivel de agua de proyecto
- Talud de aguas arriba.
- Nivel del terreno aguas arriba
- Corona
- Cuerpo de apoyo, aguas arriba. El material utilizado en esta parte del dique puede ser granular y poco permeable.
- Núcleo impermeable
- Cuerpo de apoyo, aguas abajo. El material debe ser permeable.

Figura 6. Partes de un dique.



Fuente: PRINCIPALES PARTES DE UN DIQUE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Partes_de_un_dique_en_tierra.JPG>. [Consultado 1 agosto 2013].

Principales partes que componen los diques de contención, y que se deben tener en cuenta para la construcción de un tipo de estructura como esta.

6.1.3 Funciones de un dique. Una de las principales funciones es regular el caudal, para su aprovechamiento en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones o en la producción de energía mecánica. La energía mecánica puede aprovecharse directamente como en los molinos (actualmente en desuso) o de forma indirecta para producir energía eléctrica como en las centrales hidroeléctricas.¹⁷

Los diques son muros construidos para contener la fuerza con la que llegan las aguas de mares, ríos y lagos, así como para la formación de presas y embalses o para el uso de carreteras y canales sobre elevaciones del terreno.

¹⁷ GALEÓN. Presas. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: [http://internet http://presas.galeon.com/mascotas1825392.html](http://internet.http://presas.galeon.com/mascotas1825392.html)>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

El principal factor de inundaciones en el mundo ha sido el cambio climático que ha venido sufriendo el mundo, para poder contrarrestar estos problemas, con el paso del tiempo se ha logrado un mayor potencial en obras de ingeniería, que ha ayudado a las comunidades, ciudades y países de todo el mundo.

Para poder explicar el funcionamiento de los diques se ha tomado como ejemplo las estructuras que se han ido construyendo en Holanda. Estas se vienen desarrollando desde hace 2000 años atrás. Los holandeses han logrado recuperar tierras fértiles que son nutridos por el río Rin; por medio de desagües de pantanos y represas, logrando así, un 30 % de territorio que se extiende alrededor del río¹⁸.

Los avances en la ingeniería se iniciaron por medio de los molinos, su función era bombear el agua por medio de energía eólica, absorbiendo los vientos en sus paletas y las convierten en energía que pasan por enormes engranajes que mueven una rueda y así mismo proporcionaban una solución de drenaje.

Después de una inundación en el año 1916 en el norte de Ámsterdam que provocó una catástrofe, decidieron solucionar este problema por medio de un proyecto de mega ingeniería el cual era un dique de 30 km de largo cuya principal función era separar la fuerza del mar del norte y un nuevo lago. En abril de 1927 se inició el proyecto cuyo plan era levantar dos terraplenes con una protección en forma de malla de madera y con una armadura de miles de rocas a lo largo de las paredes externas del dique.

Después de que finalizó la segunda guerra mundial; para el año 1953, ocurrió una catástrofe el cual se inició con una fuerza de vientos que llegaban a 130 km/hora, el cual crearon montañas de agua el cual debilitó más de 70 diques y avanzó 75 km tierra adentro. Para poder solucionar lo ocurrido; pasaron 30 años de construcción de diques el cual sellaban todos los puntos críticos donde podrían ceder nuevamente los diques; pero les faltaba construir un dique en la costa del sur, el cual el principal problema era que tenía una fuerza mayor en sus mareas y junto a esto, se unía un problema ambiental el cual afectaba el ecosistema y así mismo la pesquería.

Para esto se desarrolló un dique con compuertas; cuya función era siempre estar abierto permitiendo el flujo de agua, pero que se cerraría cuando se desataran tormentas extremas y aumentarían el nivel del mar llegando a afectar el entorno.

Después construyeron un dique en Rotterdam el cual tenía dos (2) barreras que se movían a través del río por medio de brazos de tubos de acero; el cual cada brazo tenía un hombro un pivote de bola y que le permitía girar a la barrera desde su

¹⁸ DISCOVERY CHANNEL. Diques de Holanda. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.youtube.com/watch?v=wpK2QoVdT7Q>>. [Consultado el 15 de septiembre del 2013].

posición inicial a su posición final, permitiendo así el paso del flujo de agua y el paso de barcos.

Figura 7. Dique Het Keringhuis.



Fuente: RUBÍN, María José. Het Keringhuis: la batalla contra el agua. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://sobreholanda.com/2009/04/28/het-keringhuis-la-batalla-contra-el-agua/>>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

Dique construido en Holanda, con sofisticados sistema de brazos de tubos de acero, con pivotes que permiten la movilidad de las compuertas, las cuales se cierran para prevenir inundaciones en Rotterdam.

Ahora bien, si miramos un caso en el territorio colombiano tenemos un gran ejemplo como lo es el Canal del Dique; el cual es un brazo del río Magdalena, por él desemboca al mar y a la bahía de Cartagena; su dirección y forma está controladas por las estribaciones de la serranía de San Jacinto (Montes de María) al sur y la serranía Turbaco-Luruaco-Tubará al norte. La planicie adyacente al canal sufre inundaciones, sometida al ciclo hidrológico de la cuenca del río.

“El Dique y sus ecosistemas relacionados son receptores de efectos perjudiciales a alteraciones causadas al río desde la parte alta de su cuenca y en su cauce, las cuales afectan los caudales de agua y sedimentos que llegan hasta Calamar”¹⁹.

Uno de los principales que tiene el Canal del Dique es que; aumenta el caudal debido a fenómenos extremos como La Niña, así mismo el aumento el nivel del mar, situaciones que se intensifican por efectos del cambio climático. Para evitar inundaciones se requiere un manejo controlado de caudales y fortalecer los muros para evitar boquetes.

El Dique está conformado desde, Calamar a la bahía de Cartagena con una extensión de 115 km. La planicie baja 10 m de altura hasta 0 m al nivel del mar. Es muy plana (cada km baja 8 cm) y el agua baja lentamente, encajonada por los muros en sus orillas. Al final se encuentra con la marea, que fluctúa durante el día y varias horas está más alta que la desembocadura del Dique, el cual disminuye la velocidad del agua.

Cuando el Dique recibe crecientes de caudales extremos del río, aumenta el nivel del agua quedando más alta que la planicie y se desborda, o se rompe el muro, inundando hasta donde a altura en tierra es igual al nivel del agua en cada sitio, afectando zonas aledañas.

Es decir que; a la entrada del Dique llegan las escorrentías de más de 273.400 km² (la cuarta parte del territorio de Colombia), de ellas van al canal casi la décima parte.

Algunos de los factores que causan vulnerabilidad del Canal del Dique son; el suelo sobre el que se construyó el muro no es apto para soportar infraestructuras. El muro no está hecho para contener inundaciones. Inexistencia de are para que el agua se expanda durante los caudales altos que circulan por el Dique, debido a que los muros de protección se construyeron contiguos al cauce principal sin el retiro suficiente; esto hace que el nivel del agua se eleve más, sobre la cota del terreno, aumentando la probabilidad de desbordamiento o así mismo la ruptura del río.

Los problemas que se asocian a las inundaciones ocurren cuando; las personas y sus actividades interfieren con el espacio, llegando a ocupar zonas bajas y construir viviendas e infraestructuras en sitios al alcance de la inundación.

¹⁹ RUBIO GÓMEZ, Carlos E. Área Inundable del canal del Dique. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://fundacionpromotoradelcanaldeldique.org/herramientas/Gestion_Ambiental_Del_Riesgo_por_Inundacion.pdf>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

Para poder contrarrestar estos problemas se plantearon opciones como; la construcción de compuertas a la entrada de Calamar o el angostamiento del canal en diversos sectores. Obras para disminuir la carga de sedimentos transportada por el agua. Una división para permitir la navegación al tiempo que se controla el caudal.

Figura 8. Canal del Dique.



Fuente: FUERZAS MILITARES APOYAN DAMNIFICADOS. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.webinfomil.com/2010/12/fuerzas-militares-apoyan-damnificados.html>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

Canal del Dique, construido en la región de Cartagena, comunica a esta región con el centro del país, se observa un boquete que se generó por las olas invernales que azotaron al país y ocasionaron la falla de este.

6.2 IMPACTOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES

Los diques son estructuras que a primera vista se construyen cerca a los ríos y brindan un servicio de gran importancia para las regiones aledañas a la ubicación de este, ya que con esta estructura se controlan las inundaciones y se puede salvar o mejorar la vida de muchas personas, pero si se hace un seguimiento más profundo se puede encontrar que los diques causan impactos tanto positivos como negativos a nivel económico, social y ambiental.

A continuación se pretende analizar casos de diques que ya están contruidos en diferentes partes del mundo para observar los impactos que han causado ya sean positivos y negativos. Se sabe que la reconstrucción del dique de La Mojana podría tener diversos impactos. Por ello con los diques de otras partes del mundo evidenciaremos los impactos negativos y lo relacionaremos con el funcionamiento del dique de La Mojana. De esta manera se podrán generar propuestas aproximadas que permitan evitar dichos impactos o por lo menos lograr mitigar algunas de estos, y así poder hacer una alternativa muchas más viable y que su construcción o funcionamiento no conlleve a causar impactos de índole negativos.

En cuanto a los efectos positivos son fundamentales analizarlos para el caso del dique de La Mojana. Ya sea para mejorar su rendimiento o ayudar a no afectar el ecosistema que lo rodea. Se pretende también que mejoren la economía de las regiones aledañas. Y que la propuesta permita tener claros criterios de reconstrucción que cumplan técnica y socialmente.

La sociedad que habita en las cercanías del río se vería beneficiada en gran medida, generando así impactos de carácter positivo, se pretende que la reconstrucción del dique mejore el nivel de vida de una sociedad azotada por olas invernales presentes en Colombia, el análisis de otros diques permite evidenciar estrategias y metodologías que se podrían implementar en esta zona.

6.2.1 Impactos económicos.

Cuadro 1. Impactos económicos positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
DIQUE SAN ROQUE SAN CÓRDOBA	Suministra agua de forma controlada para la población que se encuentra instalada con sus cultivos en sectores aledaños a los lugares que son propensos a las inundaciones.	Reforzamiento por uso de materiales defectuosos, lo que implica hacer un nuevos diseño o un reestructuración del dique ya construido.
	Desarrollo para la ciudad por el funcionamiento de la hidroeléctrica ya que pueden mediante este sistema regular el caudal. Generar un buen funcionamiento y proporcionar empleos estables para los trabajadores.	
PRESA DE LAS	Manipula barcas de más de	

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
TRES GARGANTAS	3000 toneladas lo que implica mayor movimiento de mercancías.	
	Generan energía con las turbinas mediante el paso controlado del caudal de agua por estas.	
	Mayor comercio por vía marítima ya que permite el paso de grandes embarcaciones con importa y exporta mercancías.	
	Crecimiento económico por inversionistas extranjeros en su hidroeléctrica ya que tiene un rendimiento óptimo y es una de las más grandes de mundo.	
EL DIQUE DE OOSTERSCHELDE	Es considerada la octava maravilla del mundo por ello es un atractivo turístico, lo cual implica llegada de extranjeros para visitar esta estructura.	Dificultad en problemas constructivos en la cimentación, por la magnitud de la estructura y por lo que estaba situado en medio del mar de Oosterschelde.
		Inversión en un nuevo material que soportara la presión ya que los materiales utilizados en primera instancia no estaban soportando las presiones generadas por el mar.
EL DIQUE DE AFSLUITIJK O DIQUE DEL CIERRE	Su construcción generó trabajo para la población cercana a este, ya que se contrato mano de obra local.	No cumple normas vigentes de construcción de diques establecidas en Holanda.
	En el dique hay tiendas de suvenires para los transeúntes, lo que genera un comercio entorno al dique y es un atractivo para los	

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
	visitantes ya que es una obra de gran envergadura	
	Aumento de tierras para el cultivo ya que al controlar las inundaciones los habitantes de la región pudieron volver a cosechar sin ningún tipo de temor a perder sus inversiones y sus cosechas.	
CANAL DEL DIQUE	el agua dulce que se genero alrededor de dique ha servido tanto para el consumo como para el riego de cultivos	Excesivo costo de peaje y bodegaje, a pesar del mal esta del canal por falta de mantenimiento.
		Dejar deteriorar el dique trajo como consecuencia un amplio presupuesto para volver a optimizar el funcionamiento de este.
		Dragados frecuentes por acumulación de sedimentos

Fuente: Autor.

6.2.2 Impactos sociales.

Cuadro 2. Impactos sociales positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
DIQUE SAN ROQUE SAN CÓRDOBA	Atenúa las inundaciones lo cual ayuda a las personas y comunidades asentadas cerca del río a vivir con más tranquilidad y mejorar sus nivel de vida.	Demora en procesos constructivos lo cual preocupó a la comunidad ya que podían seguir sufriendo de inundaciones hasta que se culminara la construcción de esta presa.
		Peligro por falta de análisis sísmicos, lo que implicaba un alto riesgo para la población, ya que

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
		a la hora de un sismo podía colapsar la estructura y sufrir una catástrofe
PRESA DE LAS TRES GARGANTAS	Menos pérdidas de reliquias ubicadas cerca al río, ya que cerca a este existía diversas estructuras de carácter colonial y de gran valor para esta cultura	Por la construcción de la presa tuvieron que desplazar más de un millón de personas, con el fin de garantizar su seguridad.
	Protege más de 15 millones de personas que anteriormente sufrían de inundaciones	
	Control de crecidas y regulación del caudal por el manejo de sus tres grandes compuertas, lo cual permita controlar las inundaciones y proporciona seguridad a las personas que habitan en lugares aledaños a la obra.	
	Mejora las vías de comunicación por agua para transporte de personas y de mercancías.	
EL DIQUE DE OOSTERSCHELDE	Ha generado grandes investigaciones acerca del control de corrientes marinas, factor que afecta muchas poblaciones a nivel mundial.	
EL DIQUE DE AFSLUITIJK O DIQUE DEL CIERRE	Control de inundaciones y fuertes oleadas que azotaban a las poblaciones aledañas al mar.	
	Comunica el norte de Holanda con una	

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
	provincia, ya que se construyó una autopista de dos calzadas las cual ayuda a la comunicación de estas dos poblaciones	
	Instalaciones de museos y tiendas para promover el uso del dique y ayudar un poco al comercio como medio de sustento de familias que trabajan en estos sitios.	
CANAL DE DIQUE	Este dique es el único medio de comunicación entre de la ciudad de Cartagena con el interior del país	Según los propietarios de mulas y burros la utilización de las aguas el canal para transportar mercancías era una competencia y ponía en riesgo su generación de ingresos.
	Aumento de comercio por via fluvial, transporte de mercancías por medios de barcos, lo cual ayuda al mejorar la economía de Cartagena y lugares aledaños al dique.	Frecuente riesgo de inundaciones para las personas que viven cerca al río, convirtiéndose en zonas muy vulnerables y de alto riesgo.

Fuente: Autor.

6.2.3 Impactos ambientales.

Cuadro 3. Impactos ambientales positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
<p align="center">DIQUE SAN ROQUE SAN CÓRDOBA</p>	<p>Pérdidas considerables de caudales por el manejo del embudo*.</p>	
	<p>Ayuda a regular las erosiones hídricas ya que el agua tiene una fuerza controlada, lo cual permite disminuir los efectos erosivos causados por el choque del agua con la superficie del suelo.</p>	
	<p>Evita colapso de los suelos, esto se debe a que disminuye la erosión y la superficie permanece más uniforme.</p>	
<p align="center">PRESA DE LAS TRES GARGANTAS</p>	<p>Regula erosiones causadas en la orilla del río, ya que al desbordarse constantemente dejaba la marca del cauce que este seguía,</p>	<p>Llevo a la extinción del delfín rosado, ya que el hábitat natural cambio por completo y este no logro adaptarse al nuevo medio.</p>
		<p>Se acumulan desechos en las paredes de las presas, ya que el río los transporta hasta este lugar y se depositan en la pared de la presa y conllevan a que se vayan uniendo mas desechos.</p>
		<p>Reducción de la vida útil por acumulación de sedimentos, ya que empiezan afectar a la estructura produciendo sustancias que causan</p>

* Vertedero en forma de embudo que permite el paso libre del agua, pero se puede controlar el caudal que circula por él.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
		daños a los materiales con los que esta construido el dique.
		Se altero el transporte de sedimentos ya que llegan a la pared y quedan atrapados en esta zona, situación que no sucedía antes ya que no había nada que se interpusiera en su camino.
		Contaminación del agua por sedimentos, ya que no son transportados de igual manera.
		Perturbación del balance de oxigeno generado por la vegetación ya que sube el nivel del agua logra tapar gran parte de esta vegetación.
	Manejo de agua para pesca ya que los peces se quedan al otro lado de dique y ayuda a incrementar recolección y pescas de diferentes especies de peces	Desaparición de especies acuáticas por no adaptarse al nuevo medio
		Cambio del paisajismo ya que subió un poco el nivel de agua y lograr tapar mucha de la vegetación existente y se pierden algunas especies de árboles.
EL DIQUE DE OOSTERSCHELDE	Control del oleaje y de las tormentas ocasionadas por las fuerzas del mar en temporada de oleajes.	
EL DIQUE DE AFSLUITIJK O DIQUE DEL CIERRE	Ayuda al manejo del caudal	
	Previene erosiones del	

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
	fondo de mar ya que el agua viaja con menor velocidad.	
	Recuperación de tierras y de vegetación anteriormente arrasada por inundaciones en esta zona	
CANAL DEL DIQUE	Reducción de la capacidad de las ciénagas lo que implica menor aporte de sedimentos a la bahía de Cartagena.	Frecuente modificación de sus orillas por crecientes a causa de las olas invernales.
	Se ha conformado un ecosistema de agua dulce alrededor del dique.	

Fuente: Autor.

6.2.4 Impactos constructivos.

Cuadro 4. Impactos constructivos positivos y negativos causados por la construcción de diversos diques.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
DIQUE SAN ROQUE SAN CÓRDOBA	Innovación en técnicas constructivas creando una estructura en forma de embudo para controlar el caudal que pasada de una lado a otro de la presa	Utilización de materiales defectuosos debido a la falta de estudio y por la época de construcción ya que lleva mucho tiempo en funcionamiento, pero aun así ha logrado cumplir con su función a cabalidad.
		Su proceso constructivo fue demorado por la envergadura y la complejidad del proyecto lo que conlleva a que la comunidad sufriera problemas de inundaciones mientras se terminaba esta obra.

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
		<p>Peligro por falta de análisis sísmicos, lo que implicaba un alto riesgo para la población, ya que a la hora de un sismo podía colapsar la estructura y sufrir una catástrofe.</p>
<p>PRESA DE LAS TRES GARGANTAS</p>	<p>Generan energía con las turbinas mediante el paso controlado del caudal de agua por estas, lo cual la hace la hidroeléctrica más grande del mundo y con gran acogida de inversionistas.</p>	
	<p>Es el dique más grande del mundo lo que se considero un desafío de la ingeniería y ahora es una maravilla de esta.</p>	
<p>EL DIQUE DE OOSTERSCHELDE</p>	<p>Es considerada la octava maravilla del mundo por ello es un atractivo turístico.</p>	<p>Dificultad en problemas constructivos por la magnitud de la estructura y por lo que estaba situado en medio del mar de Oosterschelde.</p>
		<p>Implementación de un nuevo material que soportara la presión ya que los materiales utilizados en primera instancia no estaban soportando las presiones generadas por el mar.</p>
<p>EL DIQUE DE AFSLUITIJK O DIQUE DEL CIERRE</p>	<p>Se construyeron grandes tiendas y museos sobre este dique con el fin de promover el comercio, generando cargas adicionales las cuales no han afectado a la</p>	<p>No cumple normas vigentes de construcción de diques establecidas en Holanda.</p>

DIQUE	POSITIVOS	NEGATIVOS
	estructura.	
	Construcción de una gran autopista de dos calzadas por sentido para la comunicación dos regiones.	
	Instalaciones de museos y tiendas para promover el uso del dique y ayudar un poco al comercio como medio de sustento de familias que trabajan en estos sitios.	
CANAL DEL DIQUE	Es considerado un canal excavado, ya que no tiene ningún tipo de recubrimiento.	Inadecuado mantenimiento por el cambio de administración lo que causo su deterioro.
		Oposición de campesinos dueños de mulas y burros a la mejoría y mantenimiento del canal
		Interrupción en obras de mantenimiento por crecidas del río, lo cual impedía el trabajo y ponía en riesgo a las personas que intervenían en este.

Fuente: Autor.

Se puede observar como los diques construidos en diferentes partes del mundo han traído con ellos impactos tanto positivos como negativos, se evidencia que el dique de las tres gargantas es el que acarrea más impactos negativos, esto se debe a que es una estructura de gran magnitud y se construyo en un lapso de tiempo muy corto. Lo que implica que tal vez hubo muy poca planificación acerca de las consecuencias que traería esta estructura. Los otros diques también muestran impactos negativos y positivos en menores escalas y que son estructuras en medio de un ambiente natural, pero gracias a estas las vidas de las personas se han puesto a salvo.

La reconstrucción del dique de La Mojana es una estructura a la cual se le está haciendo un estudio muy exhaustivo para evitar los impactos negativos, y con la ayuda de los diques estudiados anteriormente podemos rescatar y retomar los impactos positivos para proponerlo como mejora en este dique. Tal vez por la

ubicación y la región en donde se hace esta obra no se pueden retomar algunos aspectos de otros diques, pero se pueden tener en cuenta a largo plazo en el momento en que se mejore el dique y cumpla su función. Aspectos como la recuperación del paisaje y hacer de este un lugar más atractivo turísticamente se convierte en elementos fundamentales.

La visión global de estructuras semejantes a las que se está trabajando permite tener en cuenta puntos de partida para la parte de diseño y de manejo del medio ambiente, que es tal vez al aspecto más golpeado y que sufre más cambios con la estructura, pero con una buena planificación se pueden evitar o por lo menos lograr mitigar efectos negativos.

7. ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL DIQUE EN LA REGIÓN DE LA MOJANA

La Mojana alberga alrededor de 400 mil habitantes, los cuales se distribuyen en 11 municipios y cuatro departamentos, ubicados en tres zonas las cuales las distribuyen de la siguiente forma: la zona más baja permanece en promedio seis meses al año inundada, la zona intermedia permanece inundada entre tres y cuatro meses y la zona más alta el periodo de inundaciones es inferior a tres meses. El Gobierno Nacional a mediados del siglo XX se encamino a la realización de proyectos como la construcción del dique marginal y obras complementarias con el fin de darle un buen manejo a las inundaciones que se presentaban en estas zonas, el proyecto se iniciaro en 1985 y tenia las siguientes características con una longitud de 54 km, altura media de 5,0 metros, sección transversal de 3:1 y un ancho de la corona de 8,0.²⁰

Figura 9. Región de Mojana.



Fuente: Autor.

Se puede observar a la Región de La Mojana azotada por una ola invernal, la cual dejó muchos damnificados y kilómetros de terrenos inundados con pérdidas millonarias en cultivos y vegetación.

En estas zonas existió un dique construido de forma artesanal el cual era usado como medio de comunicación de municipios y corregimientos, siendo este un

²⁰ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DNP. Análisis y recomendaciones para el ordenamiento ambiental y el desarrollo territorial de La Mojana. Bogotá: DNE, 2011. v 1, p. 15.

elemento fundamental para la comercialización y el transporte tanto de personas como de mercancías. La construcción artesanal no cumple con especificaciones técnicas esto implicó que el jarrillón se rompiera cuando se presentaba la creciente y no podía contener la corriente del río Cauca. La zona ubicada entre los municipios de Nechí (Antioquia) y San Jacinto del Cauca (Bolívar) es donde se presentan la mayoría de rupturas del dique artesanal que bordea el río Cauca; el cual ocasiona inundaciones que dan presencia a pérdidas económicas a los parceleros que cultivan arroz y sorgo y sostienen ganaderías extensivas de cebú, Brahma y búfalo.

Las inundaciones que se presentan frecuentemente en la ecorregión de La Mojana, hicieron necesario realizar la construcción de un dique marginal sobre la ribera izquierda del río, ubicado entre las poblaciones de Colorado (Antioquia) y Achí (Bolívar), aparte de la elaboración de obras que evitaran la erosión continua que afecta las cabeceras municipales y a las poblaciones contiguas.

Se realizaron diseños para la construcción de obras de protección contra las inundaciones; el cual, forzaban el drenaje del río Cauca a través de unos diques vertederos ubicados en los sitios que son más frecuentados por el río; cinco rompederos (Nuevo Mundo-Junín, Santa Anita, Potrero Nuevo, Tenche, Las Brisas). De estos diseños solo se construyó el dique de las Brisas pero no se habilitó ya que no hubo apropiación para adecuar el canal receptor de las aguas.

Se analizó que en las zonas donde la curvatura del flujo es grande, se requiere controlar la dirección del flujo, guiándolo hacia un canal de menor curvatura; así mismo, se disminuye la sobre elevación del flujo ocasionado por la fuerza en la curva. Estas obras se diseñaron en el sector de San Jacinto, y en el sector de Nechí, se diseñó un canal de excesos para guiar las aguas del río y entregarlas aguas abajo del casco urbano; con esto se logró disminuir el problema anual de las inundaciones que sufre este sector.

Por otro lado se diseñó una estación de bombeo de agua, para ser usada en épocas de sequía; está ubicada en la base anterior del cerro Las Brisas, porque este lugar tiene la mayor profundidad de agua en todo el tramo que va desde Colorado hasta Achí.

Para la obtención de estos diseños, se iniciaron recorridos de campo; efectuando aforos para la forma y ubicación de diversos puntos, el estado en el que estaba el sector y el muro de concreto, así mismo analizando que infraestructuras se encontraban y que funciones tenían, y extrayendo muestras de material del dique. Los principales recorridos los realizaron desde; el Rompedero el Laredo y Nuevo Mundo, la cabecera Municipal de Nechí, el rompedero San Ignacio y Santa Anita, el Sector Caregato, San Jacinto del Cauca, Tenche, el Sector Astilleros, Guaranda-Achí, levantamiento del dique existente.

Se analizó de igual manera el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2004 acerca de la dinámica fluvial en el sector de La Mojana, tomando datos ocurridos en los últimos años tanto con las obras construidas como por el clima y si llegaron a haber seguías o inundaciones y qué efectos provocaron en la zona dichos fenómenos. Así mismo se analizó el comportamiento del río; tomando datos de diferentes intervalos de tiempo y dando a conocer que está conformando los diferentes puntos que se estén analizando. Para ello se realizó una sectorización del cauce del río en cuatro tramos de acuerdo con las características geológicas y geomorfológicas. Dichos tramos son; El sector Margento–Nechí, el sector Nechí– Malabeth, el sector Malabeth–Astilleros, el sector Astilleros-Achí.

De igual forma se realizó una descripción de los diferentes rompederos existentes dando a conocer su localización, si ingresa agua del río Cauca, construcciones aledañas, su caracterización geomorfológica, el ancho de abertura, la altura sobre el nivel del mar, entre otros. Dichos rompederos que se analizaron fueron; el Rompedero Ladero, el Rompedero Nuevo Mundo, el Rompedero Pedro Ignacio, el Rompedero Santa Anita, el Rompedero Boca del Cura.

Se estudió el componente de hidrología por medio del ciclo anual de la precipitación en la región de La Mojana; el cual presenta dos periodos. Un periodo seco durante los meses entre diciembre y marzo, y un periodo de inundación o lluvias entre los meses de abril a noviembre. En este periodo del año, el río Cauca y el río Magdalena se desbordan y esas aguas llenan las ciénagas, humedales, etc. Los cuales acumulan volúmenes de sedimentos y agua actuando como zonas de amortiguamiento de las crecientes. El objetivo principal de la componente de hidrología fue hacer un diagnóstico hidrológico del comportamiento de los caudales y niveles en la zona de influencia, en este caso la región de La Mojana.

Entre otros cálculos que se realizaron fueron; el análisis de la información utilizada, tanto en el nivel como en el caudal en la zona de La Mojana; en estos cálculos se incluyen los comportamientos gráficos de las series mensuales de tiempo. La teoría de rachas, que permite establecer el comportamiento de la serie de tiempo en sus valores en aspectos como: excursiones por encima y debajo del umbral y la variable de tiempo por encima y por debajo del umbral; y otros datos como la desviación estándar, la media más, etc. La tendencia final en las series de tiempo anuales en estaciones de caudal y nivel ajustando una tendencia lineal a la serie de datos y analizando si la pendiente es significativa estadísticamente. El ciclo anual de las estaciones de nivel y caudal de los ríos, en este caso las zonas del río Cauca y Nechí; por medio de gráficas (niveles vs. meses). Las curvas de duración de niveles y caudales elaboradas con los datos diarios disponibles de las estaciones ubicadas en la zona de estudio; por medio de graficas (Niveles Vs Frecuencias). El análisis de frecuencia de eventos extremos y una comparación de resultados; entre los caudales obtenidos del análisis de frecuencias y el caudal calculado a partir de la curva de calibración de cada estación.

Actualmente los niveles de agua dada por la precipitación promedio es de 2.000 mm anuales, esta cantidad de agua se da por la precipitación directa, escorrentía, y el aporte que hacen las ciénagas y los caños a los ríos principales como lo son Cauca y San Jorge. Estas ciénagas almacenan un gran volumen de agua por ello se le hace el balance hídrico multianual en el cual intervienen aspectos tales como el caudal lateral, caudal de los canales de intercomunicación, escorrentía, precipitación y evaporación.

Para el componente de hidráulica se hicieron aforos sobre el río Cauca, dando a conocer los volúmenes de agua que ingresan a los diferentes rompederos; el incremento que causa uno al otro, la cantidad de agua que almacena y la carga de sedimentos que contienen estas zonas. Los puntos de análisis fueron: aguas arriba y abajo del rompedero Santa Anita, río Cauca en Guarandá, río Cauca en San Jacinto. Se realizó de igual forma una simulación hidráulica y poder establecer los niveles correspondientes a los caudales de diseño por medio de un modelo unidimensional HEC (Hydrologic Engineering Center); el cual es muy versátil para evaluar, rugosidad, condiciones de flujo, controles hidráulicos, entre otros. Además se analizaron perfiles de flujo, correspondiente a los caudales calculados en los diferentes tramos y su respectivo resultado en la modelación; dando a conocer los niveles proyectados sobre algunas secciones representativas.

Se realizó una estimación de la socavación general; el cual, la socavación es un fenómeno natural asociado principalmente a corrientes aluviales; y está asociada a la disminución en el nivel del lecho por debajo del nivel natural. La profundidad de socavación se refiere a la profundidad del lecho en donde se ha removido material por debajo del nivel establecido.

Según Posada, al diseño del dique propuesto por la universidad Nacional en el año 2006 se le hicieron muchos cambios en lo que sobresalen: se redujo la altura del dique y consigo la sección transversal, por cuestiones de reducción de costos se elimino el enrocado de protección, se modifico su trayecto con el fin de evitar problemas con propietarios de previos, solo se construyo uno de los 5 diques vertederos, esta es la falla de mayor importancia y que conllevo a la ruptura del dique marginal en varios puntos, ya que estos tenían la función de drenar las aguas de río Cauca hacia afluentes naturales como los caños, este dique se ubico muy a la orilla lo que implica mayor protección adicional algo que no estaba contemplado en el diseño y se implementaron algunas pero estas no fueron diseñadas por la Universidad Nacional.

Figura 10. Dique vertedero.



Fuente: Autor.

Se muestra el Dique Vertedero de la región de La Mojana roto por las grandes presiones que ejercía el agua sobre él, se observa una inundación de grandes dimensiones en la zona.

En cuanto a las situaciones de emergencia tal como lo es la erosión de orillas que implicaba grandes problemas en los jarillones y dificultaba la construcción de dique se implementaron dragados de algunos caños con el fin de darle un encausamiento al flujo y retardar la erosión, este dragado se da por altos índices de desechos que son arrojados por la población a los ríos, ya que estas poblaciones no tienen las condiciones adecuadas de manejo de desechos ya sea por falta de personal capacitado para que les enseñe a manejar sus desechos o por falta de la infraestructura como centros de acopio para disponer mejor de sus residuos.

La principal falla del proyecto fue la falta de diques fusibles, que son terraplenes de material seleccionado, diseñados para ser removidos de una manera controlada, cuando la creciente del río supere a la creciente de diseño. Una vez alcance este estado, el material sobre la corona del fusible es removido por las aguas de la creciente y el resto del dique comienza a trabajar como un vertedero de cresta ancha. Los diques fusibles son una importancia vital y parte esencial del sistema de protección de La Mojana, ya que permiten el drenaje parcial de las

aguas del río Cauca a través de los afluentes naturales (caños) que conforman el delta interior del río Cauca.

Las obras de derivación propuestas para la mitigación de inundaciones; tienen como objetivo, permitir el paso controlado del exceso de agua en épocas de crecientes del río Cauca, hacia todo el interior de la región de La Mojana, esto con el fin de minimizar los niveles del flujo dentro del cauce principal del río, disminuyendo los riesgos de inundación de los sectores adyacentes a la corriente y la disminución de deterioro del dique lateral.

Las obras complementarias para ayudar a mitigar los problemas de inundación serían: alcantarillas, que son un ducto de forma circular, rectangular o elíptica que permite el paso controlado del agua de un lado a otro de una estructura, cuyos principales factores al momento de diseño son; resistencia estructural y capacidad hidráulica. Se encuentra una alcantarilla sobre el dique entre Santa Anita y San Jacinto, para el abastecimiento de agua en las zonas de cultivo aledañas. Diques vertederos; que son, terraplenes de material seleccionado, diseñado para ser removido de una manera controlada, que permite la evacuación de las crecientes superiores al caudal de diseño, cuando esto sucede el dique comienza a trabajar como un vertedero de cresta ancha. A lo largo de todo el tramo se localizaron 7 diques vertederos en los rompederos de Nuevo Mundo, Potrero Nuevo, Tenche, Las Brisas, Caimital y la Tea. El dique vertedero representa la alternativa más económica cuando se emplean estructuras vertederas en terraplenes o en diques de contención.

Diversas entidades como lo son INVIAS, INCODER y DNP (Departamento Nacional de Planeación), se han planteado metas a mediano plazo que son las obras de infraestructura que ayudan a mitigar los efectos causados por las inundaciones, para ellos emplean diferentes herramientas como lo son la modelación matemática la cual permite identificar la cantidad y calidad del agua del sistema hídrico de La Mojana, lo cual permite hacer modelación y observar las variaciones del caudal en temporadas invernales lo que se puede emplear en la construcción de los diques y para observar la variación de los niveles de precipitación, por otra parte esta modelación matemática también permite identificar la carga de sólidos en suspensión a la entrada y a la salida del sistema hídrico de La Mojana.

La pre-factibilidad y la factibilidad del dique paralelo empezó con un estudio exhaustivo de caño Rabón, por ello se tuvieron que hacer adecuaciones hidráulicas ya que este manejaba grandes presiones en temporadas invernales, este debe ser dragado consideradamente, al priorizar el arreglo y mantenimiento de este caño y otros que convergen con este, ayudaría significativamente al drenaje, previniendo así inundaciones y haciendo una mejor repartición de caudales en la zona. La región de La Mojana es muy rica en ecosistemas acuáticos, integrado con sistemas terrestres lo que hace que esta región sea muy

diversa y de difícil comprensión ecológica e hidrológica, falta estudios topográficos detallados de la zona y evidentemente existe una gran ausencia de drenajes por ello se debe realizar una adecuación de los caños receptores.

Si miramos el estado del dique que este aledaño a los rompederos, tenemos que; el dique aledaño al rompedero Laredo; presenta un estado de deterioro significativo, ya que el talud de la cara húmeda fallo y avanza hasta el interior del dique, debido a las grietas de tracción que se observan en la corona. El dique aledaño al rompedero Nuevo Mundo; se encuentra en contacto con el cauce del río Cauca, mostrando fenómenos de socavación lateral y agrietamientos en la corona. El dique aledaño al rompedero Boca del Cura; se observa que, hacia atrás de la cara seca del dique se formó una ciénaga producto de las aguas que sobrepasaron e invadieron los terrenos que estaban alrededor. El dique aledaño a Malabeth; se encontró que, el dique no ha presentado falla, pero las estructuras cercanas a él si tienen fallas, como por ejemplo una vía que fue erosionada por el río y como consecuencia desapareció casi en su totalidad. El dique aledaño al rompedero Santa Anita; presenta fenómenos erosivos que tienden a evolucionar con el tiempo; de igual forma es un punto crítico por que el río orienta parte de su flujo hacia el dique donde actualmente se encuentra el rompedero, generando grandes presiones en la barrera de tablestacado que se construye. El dique aledaño al rompedero Pedro Ignacio; el dique presenta fenómenos erosivos y mucha caída de bloques de suelo por consecuencia de la perdida de soporte por la socavación que se genera en la base de las orillas.

Finalmente se analizaron diferentes puntos; para la ubicación del dique vertedero y de igual forma las características para la ubicación de compuertas existentes o inexistentes.

Por último se dieron unas observaciones del estado del dique; por lo cual, se dividieron en 4 tramos, dichos tramos son:

- Tramo 1 (Colorado y Nechí); consiste en la construcción del dique de empalme entre el dique de cierre de Colorado y el dique marginal, construcción de un dique nuevo y refuerzo del jarillón.²¹
- Tramo 2 (Nechí y el Brazuelo); el dique marginal se proyectó tratando de reducir los costos de las obras; por otro lado se construyeron dos diques de cierre, a partir del jarillón existente ubicando un contradique con material en arenas.²²
- Tramo 3 (el Brazuelo y San Jacinto); el dique marginal no se pudo empalmar con el jarillón, por que las viviendas que se encuentran sobre el jarillón no fueron reubicadas.²³

²¹ Ibíd., p. 161.

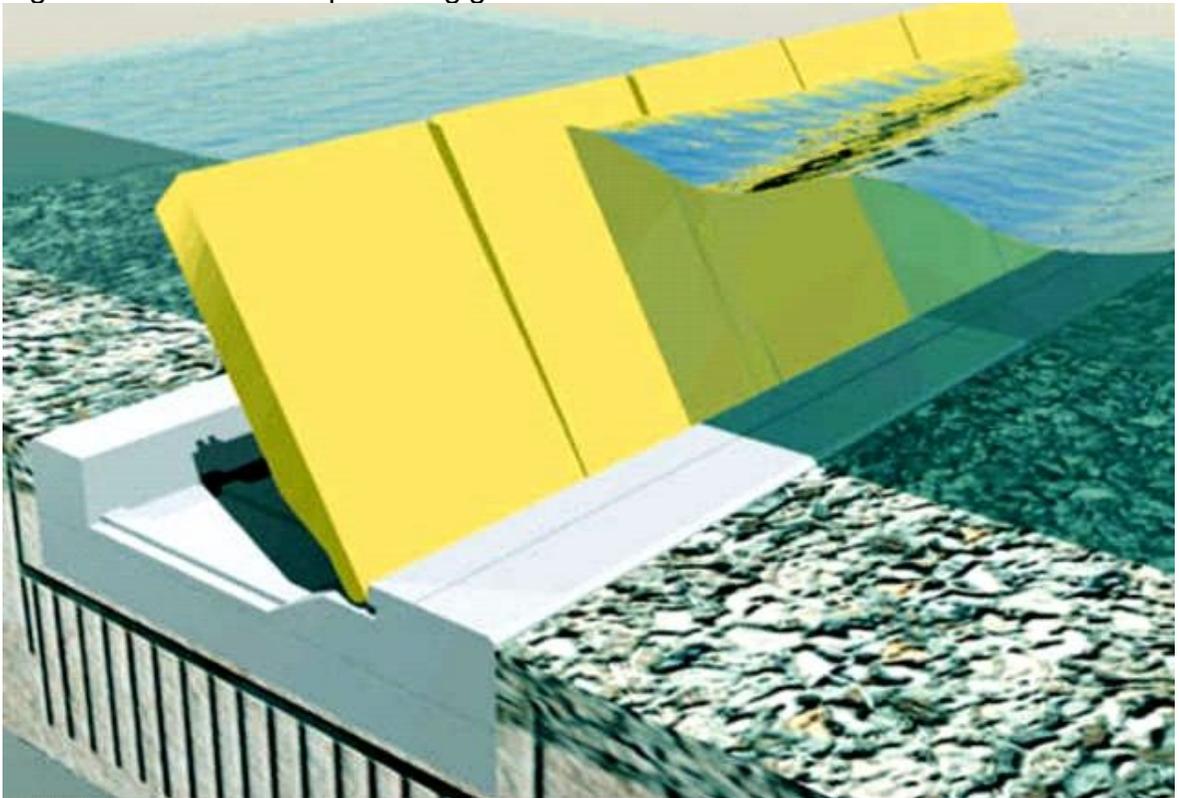
²² Ibíd., p. 163.

8. PROPUESTA DE MEJORA

8.1 PROPUESTA N° 1

La primera propuesta consiste en construir un sistema de puertas gigantes, tal como el sistema que se está construyendo en Venecia (Italia), la cual enfrenta graves problemas con inundaciones por las crecientes del mar. Es un sistema de puertas que se activan por medio de computadores, cuando el nivel de agua alcanza cierta altura. Se manda una señal de alerta a un cuarto de máquinas donde se acciona el sistema y las puertas empiezan a subir simulando una puerta con bisagras puesta de forma horizontal tal como se ve en la siguiente figura.

Figura 12. Simulación puertas gigantes.



Fuente: DURVALONSO. Salvar a Venecia de la “agua alta” con 78 compuertas móviles. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://pontoon.es/2013/10/17/salvar-a-venecia-de-la-aqua-alta-con-78-compuertas-moviles/>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

En la anterior figura se aprecian las compuertas en funcionamiento. Se observan los dos niveles de agua, uno más elevado que el otro, lo que significa que se logró controlar la caudal y prevenir la inundación que se iba a ocasionar en Venecia.

Una vez accionado el sistema las puertas empiezan a subir hasta que llegan a cierta altura por encima del nivel del agua, pero estas nunca llegan a quedar completamente verticales, quedan con un ángulo de inclinación con el fin de no ponerle una barrera al mar, estas compuertas tardan 30 minutos en llegar a su máxima altura tal como se ve en la imagen nº 12.

Figura 13. Puertas gigantes en funcionamiento.

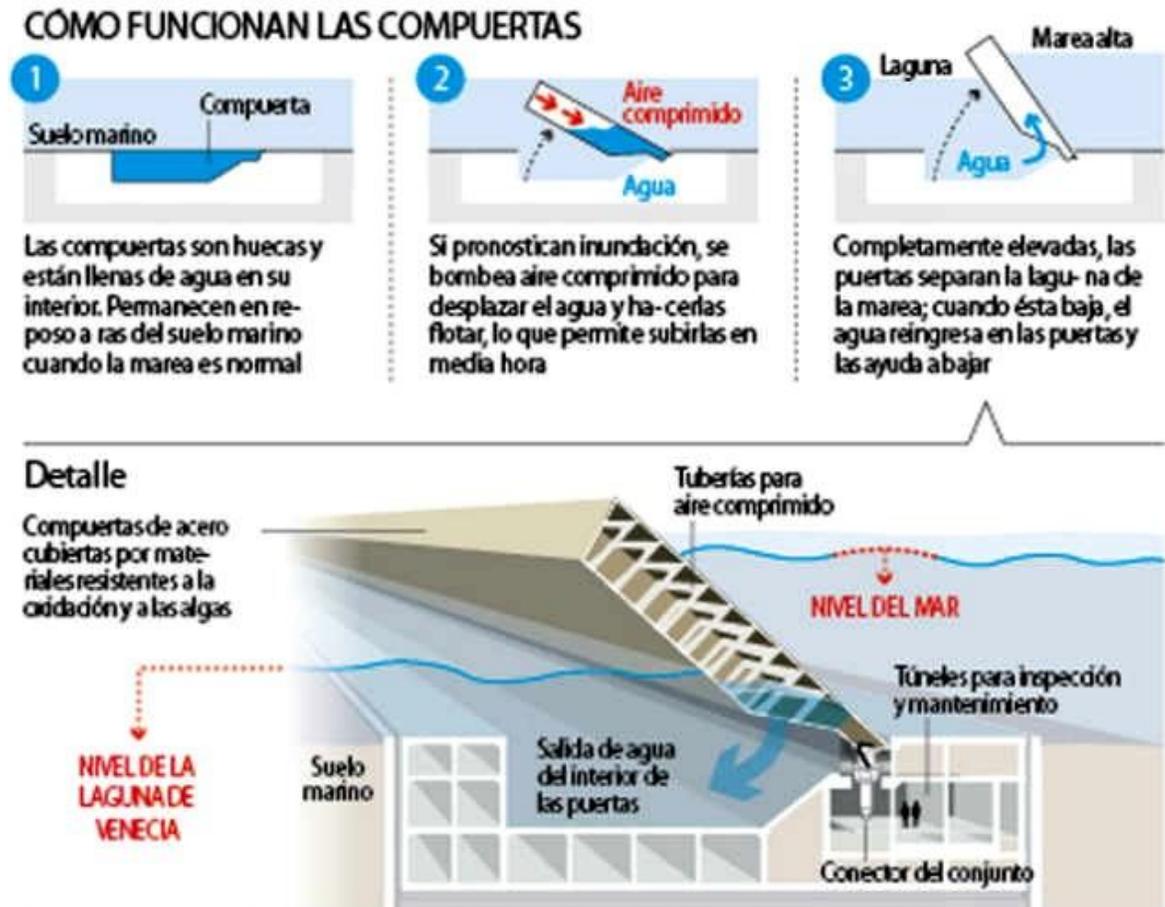


Fuente: DURYALONSO. Salvar a Venecia de la “agua alta” con 78 compuertas móviles. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://pontoon.es/2013/10/17/salvar-a-venecia-de-la-aqua-alta-con-78-compuertas-moviles/>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

Se puede observar cómo se accionan las puertas y empiezan a salir del agua para controlar la marea que está aumentando y así lograr prevenir lo que sería una eminente inundación de la zona.

El funcionamiento es muy sencillo consiste en una estructura hueca y está llena de agua la cual está enterrada a ras del suelo mientras el nivel del agua permanezca constante o en un nivel que no implique riesgo de inundaciones. Una vez que el nivel del agua empiece a subir y alcanza alturas críticas se activa la alarma y se empieza a suministrar aire comprimido de tal forma que el agua empieza a ser desalojada y la puerta queda ahora llena de aire en vez de agua, lo que permite que la puerta empiece a flotar y toma un tiempo de media hora para llegar a su altura máxima. una vez el nivel del agua vuelve a bajar se le permite el ingreso del agua a la puerta de tal forma que ahora se empieza a desalojar el aire y nuevamente esta vuelve quedar llena de agua y así empieza a descender hasta llegar nuevamente a nivel del suelo, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14. Funcionamiento de una puerta.



Fuente: N. Geographic / Infografía: Nicolás Daziano / LA NACION

Fuente: DURYALONSO. Salvar a Venecia de la “agua alta” con 78 compuertas móviles. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://ponton.es/2013/10/17/salvar-a-venecia-de-la-aqua-alta-con-78-compuertas-moviles/>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

Se puede observar claramente el funcionamiento de las puertas que se están instalando, las partes y como se van a ver los niveles del agua una vez se accione esta.

Lo que se quiere plantear es un sistema de puertas en donde están los diques que se construyeron de forma inadecuada la primera vez, cuando se realizó el diseño planteado por la universidad Nacional, el estudio decía que se tenían que construir cinco diques vertederos, se hicieron los cinco diques pero tan solo dos eran vertederos por ello el sistema de diques colapsó.

La propuesta que se quiere dar es que quiten eso diques o lo que quedan de ellos y se implemente los sistemas mencionados anteriormente con el fin que la pesca

no se vea afectada ya que es un factor económico de gran importancia en la región, puede seguir corriendo agua por donde se ha hecho la erosión ocasionada con el agua y esta ser aprovechada para el riego de cultivos.

La construcción del sistema de puertas trae como factor positivo la generación de trabajos en su proceso constructivo de personas circundantes a la obra, cuando se requiera un mantenimiento se puede capacitar personal de estas comunidades para que estén a cargo de esto, y por último para la manipulación del sistema también se podría realizar con personas del sector.

En cuanto al componente constructivo sería una propuesta de alta tecnología, novedoso y de buen desempeño ya que su funcionamiento no es tan complejo, se tendrían que adaptar el suelo y un sistema de software operado por personal capacitado; las puertas se pueden hacer en tres partes en caso de que se tenga que hacer algún tipo de mantenimiento, con el fin de que no quede completamente deshabilitada esta puerta.

En cuanto al diseño de las puerta se llevaría acabo en un estudio de pre factibilidad del proyecto, ya que se dificulta mucho generar algún tipo de estimado de trabajo sin haber realizado ningún tipo de estudio en pro de la nueva alternativa. Los dimensionamientos se realizarían analizando diversos factores que se harían ya aprobada la propuesta ya que el conlleva mucho trabajo y en esta etapa tan solo se está planteando la idea como solución a los problemas que viva la región de La Mojana en la época en que son azotados por las olas invernales.

Figura 16. Embudo del dique san Roque.



Fuente: PROPUESTA PARA LA CONFECCIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA por Roturas de Presas en la Provincia de Córdoba. Aplicación al Dique San Roque. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.efn.uncor.edu/posgrado/rrhh/asignaturaspdf/Tesis/Labaque/6-Presa%20San%20Roque%20Recopilacion.pdf>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

Dique san Roque, con sus sistema de embudo controla el nivel del agua del río y proporciona agua para el funcionamiento de la hidroeléctrica, punto de encuentro de turistas por sus llamativo sistema.

El sistema original ubicado en Córdoba es muy llamativo, por el gran tamaño del embudo y por la desembocadura del caudal que se va por allí, por ese se genera una enorme caída de agua la cual es apta para el consumo humano y se emplea en el riego de cultivos.

Figura 17. Desembocadura de la presa.



Fuente: PROPUESTA PARA LA CONFECCIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA por Roturas de Presas en la Provincia de Córdoba. Aplicación al Dique San Roque. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.efn.uncor.edu/posgrado/rrhh/asignaturaspdf/Tesis/Labaque/6-Presa%20San%20Roque%20Recopilacion.pdf>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

En la figura se aprecia la enorme caída de agua que pasa por el embudo ubicado en la parte superior. Este caudal de aguas es suficiente para abastecer a la ciudad y poner en funcionamiento una hidroeléctrica.

La propuesta que se quiere implementar es que reconstruyan los diques que actualmente esta construidos y enfrente de ellos, construir un vertedero en forma de cono a una altura inferior a la da la cresta del dique, donde por la parte más ancha entre el agua del río y por la parte más angosta salga el exceso de caudal del río, e implementar una tubería instalada en la parte angosta que conduzca el agua a un lugar más apartado y desemboque en el río aguas abajo.

En lo constructivo se debe tener un sistema de limpieza ya que el río lleva muchos sedimentos que se pueden ir por el embudo, por ello se podría implementar una malla para que los sedimentos queden atrapados y evitar los taponamientos. Con esta obra los diques pueden soportar mejor las presiones del cauce del río ya que el nivel del agua no va a llegar hasta la parte superior del dique los que implica menor cantidad de empuje del agua sobre el terraplén.

La obra puede traer para esta población oportunidades de empleo, en su construcción en su manipulación y en su debido mantenimiento, no se altera de forma muy sutil el ecosistema acuático ya que el embudo no genera ninguna fuerza de atracción y los peces pueden permanecer alrededor de esta sin ser succionados.

Si se logra mejorar la calidad del agua, se podría hacer unas derivaciones de las tuberías que están conectadas a la tubería para que salgan hacia los cultivos y así poder emplear esta agua para el riego de cultivos.

9. CONCLUSIONES

- El mal estado de los diques actuales se debe a un proyecto mal ejecutado ya que de los cinco (5) diques vertederos que se debieron construir, solo dos (2) de estos se realizaron tal como estaba en el diseños; los restantes no se hicieron de forma adecuada, por ello se generaron los colapsos de los diques.
- Si se llegara a implementarse alguna de las propuestas, es fundamental que se tenga en cuenta las ideas plateadas y se hagan los estudios que la soporten de forma adecuada ya que si en estos momentos fallaron los diques fue por no hacer las cosas como el diseño establecido.
- Analizando los diques s nivel mundial pudimos evidenciar que hay muchos aspectos negativos y positivos en la construcción y funcionamiento de estos, pero es más por falta de planificación el dique de las tres gargantas fue un dique de gran magnitud que se construyo muy rápido, si se hubiera planificado mejor seguramente los daños seria mínimos.
- Se hace muy poco dragado de caños lo que implica gran acumulación de sedimentos, esto conlleva a que los niveles de agua aumenten y con ello se arrastren desechos.
- Falta más compromiso del gobierno y de las entidades pertinentes hacia la comunidad de la región de La Mojana y poblaciones circundantes al río, ya que no cuentan con capacitación para el manejo de sus desechos. Una buena capacitación podría a llevar a que estas poblaciones reciclen y puedan generar un auto sostenimiento por la venta de materia reciclable.
- En estos momentos hay mas prioridad por la comunicación por medio de transporte terrestre que por el marítimo, siendo este ultimo el recurso que mas debería implementarse ya que por medio de ríos y caños se tiene comunicación con varias zonas.
- Se piensa que las dos alternativas se pueden usar en los cinco dique construidos actualmente, en los dique que fallaron se puede usar la alternativa de puertas gigantes y en lo dique que aun están bien se puede usar la alternativa del vertedero para disipar la energía del agua cuando hay crecidas en el río y así evitar la falla de los diques.

BIBLIOGRAFÍA

BRUNCKHORST, David J. Bioregional planning: resource management beyond the new millennium. Sydney: Harwood Academic Publishers, 2000. 162 p.

COLAVITTO, Bruno, ORTS, Darío L. y FOLGUERA, Andrés. El caso del Outburst Flood histórico de la laguna Derrumbe, Cholila, Chubut. Colapso dique Morénico en la Cordillera Norpatagónica. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v69n3/v69n3a12.pdf>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DNP. Análisis y recomendaciones para el ordenamiento ambiental y el desarrollo territorial de La Mojana. Bogotá: DNE, 2011. 6v.

DIARIO EL COCUYO. Diques. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.diariodecuyo.com.ar/home/new_noticia.php?noticia_id=518211>. [Consultado 1 agosto 2013].

DISCOVERY CHANNEL. Diques de Holanda. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.youtube.com/watch?v=wpK2QoVdT7Q>>. [Consultado el 15 de septiembre del 2013].

DURYALONSO. Salvar a Venecia de la “aqua alta” con 78 compuertas móviles. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://pontoon.es/2013/10/17/salvar-a-venecia-de-la-aqua-alta-con-78-compuertas-moviles/>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

FANTOVA, Fernando. Manual para la gestión de la intervención social: políticas, organizaciones y sistemas para la acción. Madrid: Editorial CCS, 2005. 208 p.

FRAUME RESTREPO, Néstor Julio. Diccionario ambiental. Bogotá: ECOE Ediciones, 2006. 465 p.

FUERZAS MILITARES APOYAN DAMNIFICADOS. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.webinfomil.com/2010/12/fuerzas-militares-apoyan-damnificados.html>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

GALEÓN. Presas. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://internet.presas.galeon.com/mascotas1825392.html>>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

KETCH. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.canalmar.com/diccionario/imagenes/ketch2.jpg>>. [Consultado 1 agosto 2013].

LARA, Vanessa. Hanjin afianzará al Puerto de Algeciras como único líder del Mediterráneo durante años. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.diariosur.es/20080405/gibraltar/hanjin-afianzara-puerto-algeciras-20080405.html>>. [Consultado 1 agosto 2013].

MARTÍNEZ SIMAHAN, Carlos. La Mojana: drama y esperanza de zona con historia de inundaciones. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.eltiempo.com/colombia/caribe/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-12062465.html>. [Consultado el 1 agosto 2013].

NOAIN. Idoya. Los diques de Nueva Orleans cedieron por fallos de diseño. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/sociedad/los-diques-de-nueva-orleans-cedieron-por-fallos-de-diseño_204842.html>. [Consultado el 1 agosto 2013].

PERUCCA, Laura y ESPER, Yanina. El deslizamiento de rocas y detritos sobre el río Santa Cruz y el aluvión resultante por el colapso del dique natural, Andes Centrales de San Juan. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v65n3/v65n3a14.pdf>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

PRINCIPALES PARTES DE UN DIQUE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Partes_de_un_dique_en_tierra.JPG>. [Consultado 1 agosto 2013].

PROBLEMAS DEL LITORAL. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-07/litoral.htm>>. [Consultado 1 agosto 2013].

PROPUESTA PARA LA CONFECCIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA por Roturas de Presas en la Provincia de Córdoba. Aplicación al Dique San Roque. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.efn.uncor.edu/posgrado/rrhh/asignaturaspdf/Tesis/Labaque/6-Presa%20San%20Roque%20Recopilacion.pdf>>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

RUBÍN, María José. Het Keringhuis: la batalla contra el agua. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://sobreholanda.com/2009/04/28/het-keringhuis-la-batalla-contra-el-agua/>>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

RUBIO GÓMEZ, Carlos E. Área Inundable del canal del Dique. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://fundacionpromotoradelcanaldeldique.org/herramientas/Gestion_Ambiental_Del_Riesgo_por_Inundacion.pdf>. [Consultado el 13 de octubre del 2013].

SIBCI. Diques: trasladan material para reforzar dique del Lago de Valencia. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/ciudad/ambiente/trasladan-material-para-reforzar-dique-del-lago-de.aspx>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

STRAHLER, Arthur N. Physical Geography. New York: John Wiley & Sons, 1960, 479p.

VAN DER TOL, Johan. El dique de Oosterschelde: producto de exportación de Holanda. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.rnw.nl/espanol/article/el-dique-de-oosterschelde-producto-de-exportacion-de-holanda>>. [Consultado el 1 agosto 2013].

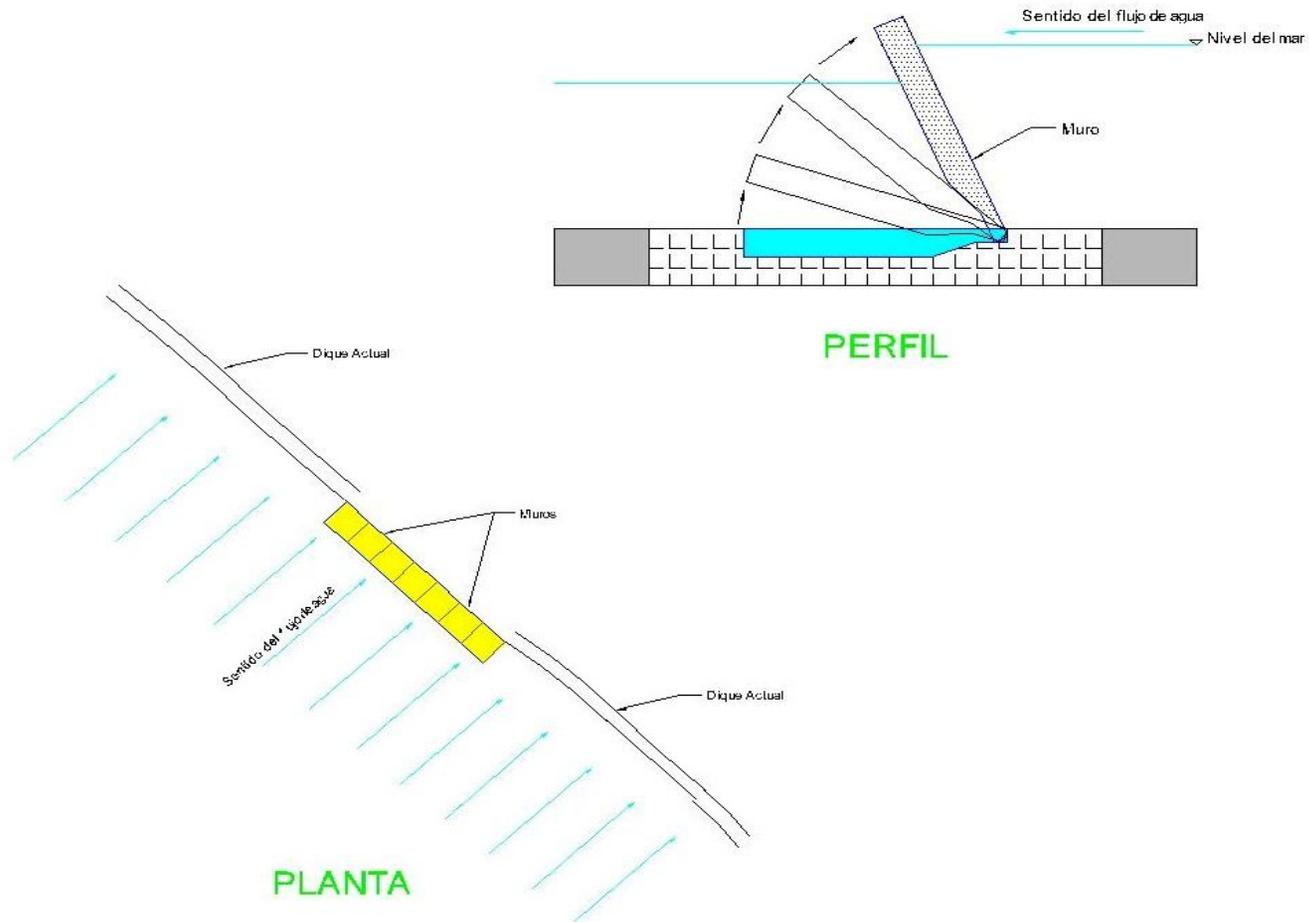
WIKIMEDIA COMMONS. Mississippi River Delta from space. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mississippi_delta_from_space.jpg>. [Consultado 1 agosto 2013].

WIKIPEDIA. Delta fluvial. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Delta_fluvial>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

----- . Diques. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dique>>. [Consultado el 24 de agosto del 2013].

YONDÓ PREPARA REPARACIONES DE EMERGENCIA A DIQUE PARA EVITAR INUNDACIONES. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.yondo-antioquia.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd\[1090\]=x-1090-1699300](http://www.yondo-antioquia.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd[1090]=x-1090-1699300)>. [Consultado 1 agosto 2013].

Anexo A. Planos propuesta 1, plano de corte transversal y en planta.



UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE COLOMBIA

PROYECTO
RECONSTRUCCION
DIQUE DE LA MOJANA

CONTENIDO:
DETALLES
PROPUESTA 1

SISTEMA DE
PUERTAS GIGANTES

DISEÑO

DR. RAFAEL SANCHEZ
L. 2010 1000

DR. GONZALO CHOLELA
L. 2010 1000

REVISOR

ACTIVIDADES PRELIMINARES Y PLANOS

LOCALIZACION

EXPLICACION DE LOS PLANOS

ESCALA

1:100

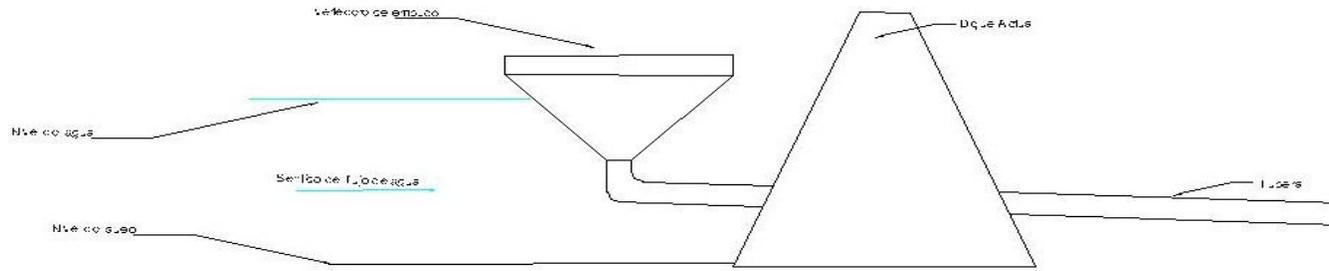
FECHA

NOVIEMBRE 20 DE 2013

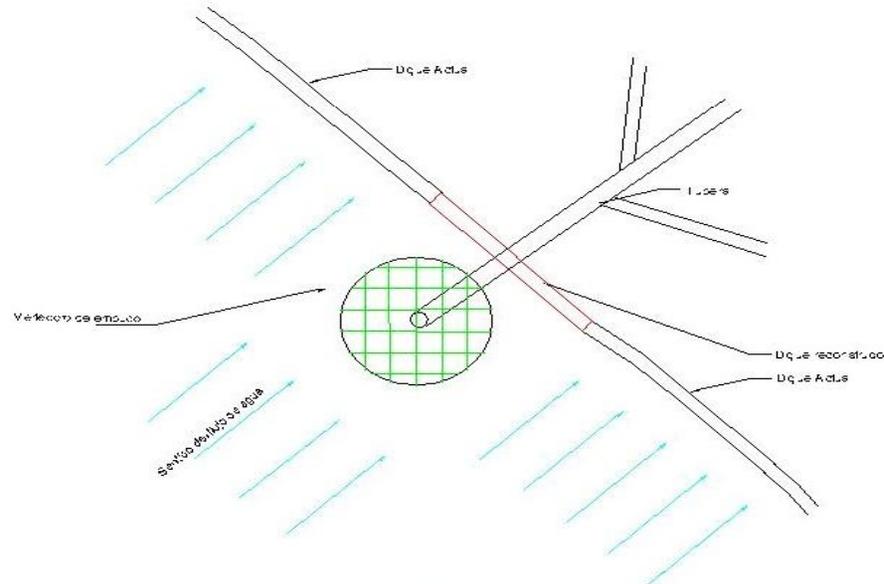
PROYECTO No.

0012

Anexo B. Planos propuesta 2, plano de corte transversal y en planta.



PERFIL



PLANTA

UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE COLOMBIA

PROYECTO
RECONSTRUCCION
DIQUE DE LA MOJANA

CONTENIDO:
DETALLES
PROPUESTA 2

VERTEDERO EN
FORMA DE EMBUDO

DISEÑO

ING. FRANCISCO JAVIER
GONZALEZ

ING. GABRIEL ANTONIO
VALDEZ

REVISOR

ING. FRANCISCO JAVIER
GONZALEZ

ING. GABRIEL ANTONIO
VALDEZ

ING. FRANCISCO JAVIER
GONZALEZ

ESCALA

1:100

FECHA

NOVIEMBRE 20 DE 2012

PLANO No.

2012