

**ESTRATEGIA PARA LA RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO  
SEVILLA ENTRE LAS ABSCISAS K7+951.94 Y K17+086.63 (DESDE LA C.G.S.M),  
COMO APORTE AL RESTABLECIMIENTO DE LA DINÁMICA HIDROLÓGICA  
DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.**

**ANGÉLICA MARÍA BUCAR VENGOECHEA**

**DIEGO MAURICIO HERNÁNDEZ TORO**

**CHRISTIAN DARÍO LÓPEZ CLAVIJO**

**EIHEVER DE JESÚS ROBLES MANIGUA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS**

**BOGOTÁ D.C – 2018**

**ESTRATEGIA PARA LA RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO  
SEVILLA ENTRE LAS ABSCISAS K7+951.94 Y K17+086.63 (DESDE LA C.G.S.M),  
COMO APORTE AL RESTABLECIMIENTO DE LA DINÁMICA HIDROLÓGICA  
DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.**

**ANGÉLICA MARÍA BUCAR VENGOECHEA**

**DIEGO MAURICIO HERNÁNDEZ TORO**

**CHRISTIAN DARÍO LÓPEZ CLAVIJO**

**EIHEVER DE JESÚS ROBLES MANIGUA**

**Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Recursos Hídricos.**

**ASESOR: GINA JULIANA RINCÓN RODRÍGUEZ**

**INGENIERO CIVIL, MSC.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS**

**BOGOTÁ D.C – 2018**



## 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

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C., Junio de 2018

## Dedicatoria

A Dios por permitirnos vivir esta experiencia y a nuestras familias por la paciencia y el apoyo en ésta etapa de nuestras, a pesar del tiempo y los recursos que nos ha costado.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>12</b>
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN. ....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
<i>Antecedentes del problema.</i> .....	16
<i>Pregunta de investigación.</i> .....	20
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4 OBJETIVOS.....	22
<i>Objetivo general</i> .....	22
<i>Formular una estrategia para la recuperación hidráulica del río Sevilla entre las abscisas</i> <i>k7+951.94 y k17+086.63 (desde la C.G.S.M), como aporte al restablecimiento de la dinámica</i> <i>hidrológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta.</i> .....	22
<i>Objetivos específicos</i> .....	22
<b>2 MARCOS DE REFERENCIA.....</b>	<b>23</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL .....	23
2.2 MARCO TEÓRICO .....	24
2.3 MARCO JURÍDICO.....	29
2.4 MARCO GEOGRÁFICO.....	30
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO.....	32
<i>Algarrobo</i> .....	33
<i>Aracataca</i> .....	34
<i>Cerro de San Antonio</i> .....	35
<i>Ciénaga</i> .....	36
<i>Concordia</i> .....	37
<i>El Piñón</i> .....	38
<i>El Retén</i> .....	39
<i>Fundación</i> .....	40
<i>Pivijay</i> .....	42
<i>Pueblo Viejo</i> .....	42
<i>Remolino</i> .....	43
<i>Salamina</i> .....	45
<i>Sitio Nuevo</i> .....	46
<i>Zona Bananera</i> .....	47
2.6 ESTADO DEL ARTE. ....	48

<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>51</b>
3.1	RECOLECTAR DE DATOS PARA ESTABLECER UNA LINEA BASE DEL PROYECTO .	51
3.2	REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	51
3.3	REALIZAR LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA CUENCA .....	51
3.4	PROPONER DE UNA ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO SEVILLA	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS .....	53
	<i>Datos de precipitación y de sedimentos de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM...</i>	53
	<i>Datos demográficos del área de influencia del proyecto.....</i>	54
	<i>Modelo de Elevación Digital de Terreno (DEM) a 12.5 de la cuenca del río Sevilla. ....</i>	54
	<i>Planes de ordenamiento, desarrollo y otros instrumentos de planificación del área de influencia del proyecto.....</i>	55
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SEVILLA .....	56
	<i>Determinación de las características físicas de la cuenca tomando como base el DEM y analizándolo en el software ArcGIS. ....</i>	56
	4.2.1.1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y RED DE DRENAJE .....	56
	<i>Área de la cuenca (A) .....</i>	56
	<i>Perímetro de la cuenca (P).....</i>	57
	<i>Longitud de la cuenca (Lc1) .....</i>	57
	<i>Ancho Promedio de la Cuenca .....</i>	57
	<i>Factor de Forma de la cuenca (Kf) .....</i>	58
	<i>Índice de Compacidad (Kc) .....</i>	58
	<i>Índice de Alargamiento (Ia).....</i>	58
	<i>Pendiente de la cuenca .....</i>	58
	<i>Pendiente media de la cuenca.....</i>	59
	<i>Factores de elevación .....</i>	59
	<i>Curva Hipsométrica.....</i>	59
	<b>COEFICIENTE OROGRÁFICO.....</b>	<b>60</b>
	<b>COEFICIENTE DE MASIVIDAD.....</b>	<b>60</b>
	<i>Establecimiento de los Caudales de la cuenca para los períodos de retorno de 2.5, 5, 10, 25, 50 y 100 años mediante modelos estadísticos. ....</i>	61
4.3	REALIZAR LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA CUENCA .....	63
	<i>Obtención del modelo en 1D del comportamiento de la cuenca ante las lluvias para cada uno de los períodos de retorno obtenidos, mediante la utilización del Software HEC RAS.....</i>	63

4.3.1.1	Metodología.....	63
4.4	PROPONER DE UNA ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO SEVILLA	78
	<i>Proponer una sección transversal del río Sevilla que permita el transporte del caudal de una lluvia con un período de retorno a 25 años. ....</i>	78
	<i>Comprobación del cumplimiento de la sección mediante la modelación en 1D en el Software HECRAS. ....</i>	80
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>83</b>
5.1	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS ACTIVIDADES: .....	83
5.2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN .....	83
	<i>Descripción y Trabajo a Ejecutar.....</i>	83
	<i>Maquinaria y Equipo .....</i>	84
	<i>Controles.....</i>	84
5.3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO .....	84
	<i>Descripción y Trabajo a ejecutar .....</i>	84
	<i>Tolerancia y Entrega de Información.....</i>	86
5.4	DRAGADO HIDRÁULICO (INCLUYE LA DISPOSICIÓN DEL SEDIMENTO POR EL SISTEMA JET-SPRAY)	87
	<i>Descripción y Trabajo a Ejecutar.....</i>	87
	<i>Disposición de materiales.....</i>	87
	<i>Tolerancia.....</i>	88
5.5	DRAGADO MECÁNICO (INCLUYE EXPLANACIÓN) .....	88
	<i>Descripción y Trabajo a Ejecutar.....</i>	88
	<i>Disposición de materiales.....</i>	89
	<i>Tolerancia.....</i>	90
5.6	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROVENIENTE DEL DRAGADO. INCLUYE COMPACTACIÓN MECÁNICA .....	90
	<i>Materiales .....</i>	90
	<i>Preparación del Terreno.....</i>	91
	<i>Compactación .....</i>	91
	<i>Tolerancias .....</i>	92
	<i>Asentamientos de la Fundación .....</i>	92
5.7	CÁLCULO DE CANTIDADES .....	93
	<i>Dragado Mecánico e Hidráulico de Sedimentos .....</i>	93
	<i>Conformación de Terraplenes .....</i>	99



5.8	COSTOS.....	104
	<i>Presupuesto General del Proyecto</i> .....	104
	<i>APU- Movilización y Desmovilización</i> .....	105
	<i>APU-Localización y Replanteo Topográfico</i> .....	106
	<i>APU-Dragado Mecánico</i> .....	107
	<i>APU-Dragado Hidráulico</i> .....	108
	<i>APU-Conformación de Terraplenes</i> .....	109
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>110</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>112</b>

## RESUMEN

Este proyecto encara la problemática que se viene presentando en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), teniendo así en cuenta la afectación de la región. La cuenca del río Sevilla se encuentra ubicada en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, aproximadamente entre las coordenadas: 10°39'N y 10°55'N de latitud, y 73°51'W y 74°20'W de longitud. El río nace en la cuchilla El Placer, a una altura aproximada de 4.000 msnm y desemboca en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Al este limita con la cuenca hidrográfica del río Don Diego, al oeste con la Ciénaga Grande de Santa Marta, al norte con las cuencas hidrográficas de la quebrada Orihueca y el río Frío y al sur con las cuencas hidrográficas de los ríos Tucurinca y Aracataca. (CORPAMAG, 2016)

Esta estrategia para la intervención del río Sevilla como aporte al restablecimiento de la dinámica hidrológica de la CGSM, se ha basado en los proyectos que viene gestionando y ejecutando las entidades como CORPAMAG (Corporación Autónoma Regional del Magdalena) y La UNGRD (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastre), partiendo así de múltiples estudios que se vienen realizando en la CGSM, para restablecer este ecosistema declarado como territorio RAMSAR.

El objetivo de este proyecto, es plantear una estrategia de recuperación de la sección hidráulica en la parte baja del río Sevilla para aportar al restablecimiento hidrológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se partirá del análisis actual del sector a intervenir del río mirando sus características hidrológicas, hidráulicas y ambientales desde los sectores y municipios cercanos al cual influyen la sección del río y la ciénaga definiendo la intervención sobre el cuerpo de agua que permita aportar el agua dulce al Complejo Lagunar.

**Palabras clave: Ciénaga Grande de Santa Marta, Río Sevilla, Complejo Lagunar, Características Hidrológicas, Características Hidráulicas y Restablecimiento dinámico Hidrológico.**

## ABSTRACT

This project confronts the issues in the Ciénaga Grande de Santa Marta, considering the affectation in the region, in the Magdalena department and in the country. The Sevilla river's watershed is in the west side of the Sierra Nevada de Santa Marta, georeferenced around : 10°39'N y 10°55'N of latitude and 73°51'W y 74°20'W longitude. The river is born in El Placer edge, in an altitude of 4000 msnm and it flows to the CGSM. To the East side we can see the Don Diego river's watershed and to the West we can see the CGSM, to the North the Orihueca brook's and Frío river's watersheds and to the South the Tucurínca and Aracataca river's watersheds.

The strategy to the Sevilla river intervention proposal as an input to the CGSM reestablishment hydrologic dynamic, is based on projects realized by CORPAMAG, UNGRD and other environmental entities in the country. They are part of many studies that create the CGSM to re-establish this important ecosystem for the Colombian territory.

The objective of the proposal, is present an strategy for hydraulic section recuperation in the down side of the Sevilla river watershed, that starts with an analysis of an sector's actual situation looking the hydrologic, hydraulic and environmental topics in all of the towns around the area of the CGSM, defining the intervention in the river that allows the contribution of fresh water in the CGSM.

**Keywords: Ciénaga Grande de Santa Marta, Sevilla river, Hydrologic topics, Hydraulic Topics, hydraulic dynamic restoration.**

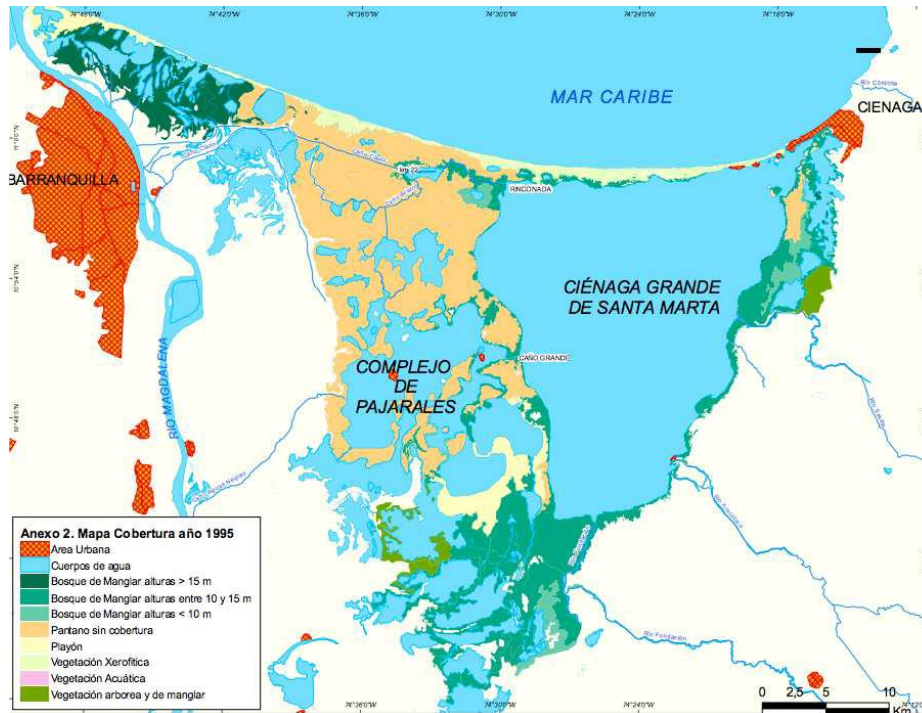
## **INTRODUCCIÓN.**

La Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM, ubicada al norte del departamento del Magdalena, es un sistema deltaico estuarino, cuya supervivencia del ecosistema propio del lugar depende de un equilibrio de agua dulce y salada, que a lo largo de los años ha sido afectada con diferentes problemáticas de origen natural y antrópico.

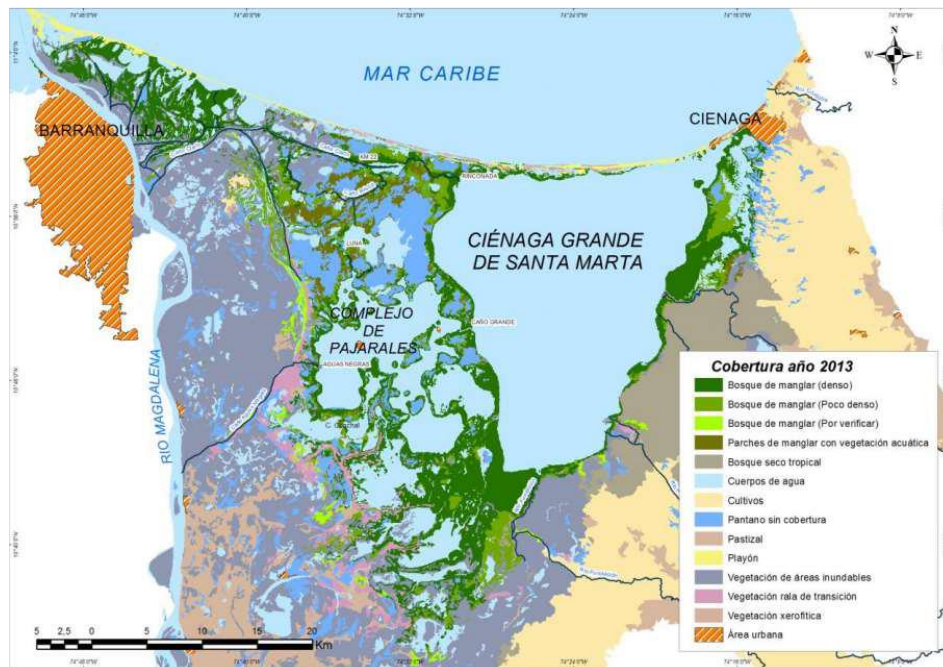
Su degradación inicia en el año de 1956, con la construcción de la carretera Ciénaga-Barranquilla, la cual obstruyó la comunicación de la CGSM con el mar, igualmente con la carretera Media Luna-Pivijay-Salamina y el carretable Palermo-Sitio Nuevo, que afectaron la entrada de agua dulce por los caños Ciego, Salado, entre otros, que aportan agua dulce proveniente del río Magdalena. Otras causas de la afectación a la ciénaga se le atribuyen a la degradación de los ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y desembocan en CGSM, así como la falta de estructuras hidrosanitarias de los palafitos y las duraciones largas del fenómeno del Niño. (RAMSAR- MINISTERIO -CORPAMAG - INVEMAR, 2004)

Todo lo anterior, ha generado que en el ecosistema exista un aumento considerable en la acumulación de sedimentos, concentración de la salinidad y disminución de los niveles de agua, que a su vez ha causado innumerables mortandades de peces y de las distintas especies de fauna y flora que allí habitan, especialmente el mangle.

Desde el año 2006, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena, inició un proceso de recuperación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, realizando dragados en los caños que comunican el río Magdalena con los cuerpos cenagosos de la CGSM, este proceso ha sido monitoreado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-José Benito de Andrés-INVEMAR, entidad que asegura que estas obras han generado una alta recuperación del Ecosistema Lagunar hasta la fecha como se puede observar en las imágenes a continuación.



**Ilustración 1. Mapa de Cobertura de Mangle en la CGSM para el año 1995. INVEMAR (2016).**



**Ilustración 2. Mapa de Cobertura de Mangle en la CGSM para el año 2013- INVEMAR (2016).**

El río Sevilla es uno de los ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y desembocan en la CGSM. Actualmente esta corriente hídrica se encuentra altamente sedimentada por la deforestación y otros fenómenos antrópicos presentes en su cuenca.

Por lo anterior, se propone desarrollar una estrategia para la recuperación hidráulica del río Sevilla como aporte al restablecimiento de la dinámica hidrológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta,

## **1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.**

La línea de investigación en la que se está desarrollando la problemática de estudio es la de **RECURSOS HÍDRICOS.**

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Ciénaga Grande de Santa Marta es un humedal de gran importancia dentro del delta estuarino del Río Magdalena, con un gran aporte ecológico en el departamento y el país, este se encuentra en un deterioro permanente desde hace mucho tiempo producto de las actividades antrópicas del clima y el desarrollo del hombre.

Estas actividades son principalmente la construcción de vías y construcción de diques que protegen terrenos privados para evitar inundaciones, la masiva mortandad de peces, la sobreexplotación pesquera, la desviación de ríos por parte de palmeros, bananeros y arroceros, o la tala y quema de bosque de manglar de estos. Pero la de mayor afectación fue la construcción de la vía Ciénaga a Barranquilla, el cual produjo una barrera de interconexión hídrica, lo que impide el intercambio de las aguas del Ciénaga y el Mar Caribe, produciendo así un alza en la salinidad del espejo de agua afectando la zona de manglar y en general el ecosistema.

A raíz del deterioro de la CGSM, se emplearon actividades de monitoreo y se implementaron acciones de mitigación en donde se realizaron dragados y se procuró la apertura de cinco canales naturales, junto con la continuación de conexión parcial de la CGSM con el Golfo de Salamanca a través de Box Culverts construidos bajo la carretera. Sin embargo, estos esfuerzos fueron insuficientes y no lograron controlar y/o prevenir los efectos de los eventos

conocidos como fenómeno de “El Niño” y “La Niña”. Estos eventos climáticos terminaron influenciando considerablemente en el proceso de recuperación de la CGSM.<sup>1</sup>

El documento RAMSAR advierte, entre muchas cosas, que "el deterioro de las cuencas de los ríos provenientes de la Sierra y el empleo de agua para el distrito de riego en la Zona Bananera, han conducido al incremento del material particulado y a la reducción del aporte de agua dulce al sistema lagunar. Esos factores originaron la híper-salinización del mismo, ocasionando la muerte del manglar y la poca capacidad natural de regeneración. Además de la pérdida del hábitat reproductivo, cobertura y alimento para la fauna terrestre, y la reducción de aves migratorias". (EL TIEMPO, 2017)

Por la problemática mencionada anteriormente, las entidades gubernamentales del Magdalena han aunado esfuerzos con el fin de recuperar el gran espejo de agua más importante del departamento, el INVEMAR y CORPAMAG, en el 2003, expusieron que a causa de la falta de mantenimiento de los caños y “El Niño” se perdieron 1.160 hectáreas de bosque de manglar. Según INVEMAR apenas desde el año 2006 se dio un mantenimiento activo de los caños. Junto con ello, también está el deterioro ambiental de las cuencas de los ríos provenientes del Sistema Montañoso Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), que desembocan en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La vertiente del municipio de Zona Bananera cuenta con tres cuencas (ríos Tucurinca, Sevilla y Frío) que Mantienen agua durante todo el año; a pesar que el número de micro cuencas afluentes es bastante alto, la mayoría sólo tienen recursos hídricos en épocas de invierno. Sin embargo, la zona plana baja tiene un nivel freático muy cercano a la superficie del suelo, ya que tiene un alto volumen de agua subterránea; esto influenciado por la relativa cercanía a la Ciénaga Grande de Santa Marta. La extracción de ésta agua ha permitido el avance de la cuña salina con graves efectos para la agricultura. En épocas de fuerte lluvia se desbordan los ríos y sus afluentes, lo cual ocasiona inundaciones en ciertos sectores de sus cauces produciendo daños considerables.

---

<sup>1</sup> [uninorte.edu.co/servicios-a-la-comunidad/informe\\_1.pdf](http://uninorte.edu.co/servicios-a-la-comunidad/informe_1.pdf)

### **1.2.1 Antecedentes del problema.**

El municipio Zona Bananera hace parte de la cuenca vertiente segunda ríos que nacen y recorren por la ladera sur-occidental de la sierra nevada y vierten sus aguas en la Ciénaga Grande. Distrito de Riego Sevilla: Consta de un área de 13.863,79 has; se extiende de la margen derecha del río Sevilla hasta la vía que va desde La Gran Vía a Orihueca. La hidrología de la Zona Bananera se compone por los tres ríos principales que nacen y hacen su recorrido por la ladera sur-occidental del sistema de la Sierra Nevada de Santa Marta perteneciendo a las cuencas medias y bajas: Rio Frío, Sevilla y Tucurinca que hacen parte de la vertiente hidrográfica II del departamento del Magdalena, denominada vertiente de la Ciénaga Grande de Santa Marta o vertiente occidental, pues es allí donde finalmente tributan sus aguas. Estas Cuencas han sido intervenidas desde comienzos del siglo XX a partir de la decadencia de la bonanza bananera en los años 30. También, el municipio tiene un elevado número de microcuencas que permanecen secas en su mayoría, contrario a las cuencas principales que tienen agua todo el año, debido a que sólo se recargan en época invernal. Dentro de estas microcuencas cabe resaltar las quebradas: el Guaimaro, la Tal, Orihueca, La Tigra, de Boyo, Honda y Luis; así como los canales: Paulina, La fe, Santa marta; y los caños: Mocho, Roncador y Hediondo, los cuales se asocian a los fenómenos de inundaciones que se han presentado en el municipio de Zona Bananera en temporada invernal. Estos afluentes son muy susceptibles a la contaminación ambiental por vertimientos en sus cauces de residuos químicos y/o desechos orgánicos debido a la baja cobertura de recolección de residuos sólidos, en el municipio. (ALCALDÍA ZONA BANANERA, 2001)

Pero adicional a esto la problemática que se quiere tratar con este documento es la de los sedimentos transportado por el Rio Sevilla, el cual es causante del tajo de aporte de agua dulce hacia el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, el cual ha ocasionado degrado en este ecosistema, por el incremento de acarreo de limos en suspensión por el caudal del rio, que evidencia procesos erosivos en sus cuenca, y también por la acción de propietarios situados en la Ronda hídrica que han obstruido el cauce, impidiendo el flujo de agua dulce entre al sistema desarrollando así el reflujó hídrico natural del complejo lagunar. El intercambio de aguas entre el mar y la Ciénaga Grande de Santa Marta se hace mediante un flujo superficial permanente en el extremo nororiental a través de la Boca de la Barra, la



cual tiene un ancho de 180 m aproximadamente y una profundidad promedio de 6.0 m. La Boca de la Barra se constituye entonces en el hito morfológico y físico más importante en el comportamiento hidráulico de esta ciénaga y también en su comportamiento hídrico y salino, puesto que a través de esta boca se realiza el intercambio entre agua dulce y agua salada, el influjo de las mareas y los aportes hidrológicos de la laguna. El volumen involucrado durante un evento de marea es del orden de 10 millones de m<sup>3</sup>, que comparado con el volumen de la Ciénaga no es muy significativo, lo es en términos acumulativos.

Otros fenómenos que viene generando grandes impactos a la CGSM, son los eventos del Niño y la Niña, el cual provocan sequías de grandes periodos y después lluvias intensas, lo que ha incidido en las alteraciones del régimen hidrológico y como hace falta invertir más recursos por parte del Gobierno Nacional en los mantenimientos de las secciones hidráulicas de estos ríos y las obras hidráulicas que contiene las vías aledañas a la CGSM, lo cual impiden mitigar el efecto del clima sobre el sistema lagunar en periodos que resultaron críticos. (CORPAMAG, 2016)

La Corporación Autónoma Regional del Magdalena CORPAMAG ha venido realizando proyectos que propicien un mejoramiento de las condiciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta por medio de la recuperación de caños y ríos, para así introducir agua dulce al complejo lagunar y poder mitigar la salinidad del sector. A continuación, se muestran los proyectos ejecutados por esta entidad:

**Tabla 1. Antecedentes de proyectos ejecutados por CORPAMAG.**

Descripción	Actividades	Cantidades	Inversión
RECUPERACION DE LA SECCION HIDRAULICA DE CUERPOS DE AGUA QUE ALIMENTAN EL SECTOR NOROESTE DE LA CGSM, COMO PARTE DE SU RESTABLECIMIENTO AMBIENTAL	• Monitoreo y Seguimiento ambiental.	• 1 Unidad.	\$17,104,019,694.00 Peso Colombiano
	• Plan de participación y capacitación a la comunidad.	• 1 Unidad.	
	• Delimitación de la Ronda Hídrica de los Caños del Sector Noroeste de la CGSM.	• 1 Unidad.	
	• Zonificación de riesgo por Desecamiento en el sector Noroeste en la CGSM.	• 1 Unidad.	
	• Dragado Mecánico de sedimentos en el Caño Caleta del Tambor.	• 284.288,38 m <sup>3</sup> .	
	• Dragado Hidráulico, en el caño Bristol.	• 601.321,47 m <sup>3</sup> .	
	• Dragado Hidráulico en el Caño Cobado.	• 119.843,19 m <sup>3</sup> .	

Descripción	Actividades	Cantidades	Inversión
RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL RÍO FRÍO COMO ESTRATEGIA PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE ZONA BANANERA, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA ETAPA III, ENTRE LAS ABCISAS K17+300 HASTA EL K24+800	Dragado mecánico (Incluye explanación de material).	300.811,00 m <sup>3</sup> .	\$ 10,066,841,600 Peso Colombiano
	Conformación de terraplenes con material proveniente de la excavación.	184.500,00 m <sup>3</sup> .	
	Protección marginal de taludes en terraplenes con colchogavión E= 0.50, Incluye Geotextil NT 2000.	2326,00 m <sup>3</sup> .	
	Construcción de muro en gavión H= 2.00 mts. Incluye colocación de Geotextil.	1675,00 m <sup>3</sup> .	

Descripción	Actividades	Cantidades	Inversión
RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL CAÑO CLARÍN VIEJO, COMO APOORTE A LA RESTAURACIÓN DEL ECOSISTEMA DE BOSQUE DE MANGLAR DEL PARQUE ISLA DE SALAMANCA, EN EL DEPARTAMENTO DE MAGDALENA	Dragado Mecánico de sedimentos de canales de interconexión río Magdalena Caño Clarín Viejo- Caño del Medio - Clarín Nuevo, mediante el uso de equipo anfíbio tipo retroexcavadora	174.494,334 m <sup>3</sup> .	\$ 3,913.423.524,00 Peso Colombiano
	Dragado Hidráulico de sedimentos de canales de interconexión río Magdalena Caño Clarín Viejo- Caño del Medio - Clarín Nuevo, mediante el uso de sistema Jet Spray o Rainbow.	74.783,286 m <sup>3</sup> .	
	Monitoreo Ambiental: Control y Seguimientos Ambiental de los parámetros físico químicos para la recuperación del ecosistema	1 Unidad.	

Descripción	Actividades	Cantidades	Inversión
CONTRATAR LAS OBRAS DE ¿RECUPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAÑOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DEL COMPLEJO DELTAICO ESTUARINO CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA ¿ CDE ¿CGSM¿.	Dragado mecánico para el mantenimiento de los caños: Caños Aguas Negras, Renegado, El Torno, Almendros, Bristol, Cuervo, Cobado, Hondo, Alimentador, Señora, La Mata, Circunscrito Ciénaga Cherrlene, El deshecho, Salado, Schiller, Marquez, Auyama, Grande, El salado, Ferran, Frayle, Ciego, Martinete, Limón, Dividivi, Vicente Caballero, Ceja, Oso, Guaimito, Hojas Anchas.	5,558.664.71 m <sup>3</sup> .	\$ 80,628,474,087 Pesos Colombiano

Por parte de la Unidad Nacional Para La Gestión del Riesgo y Desastre-UNGRD, es otra de las entidades que ha venido invirtiendo recursos en uno de los afluentes que nace en la Sierra Nevada de Santa Marta. Este cuerpo de agua es el Rio Fundación el cual es un rio importante que aporta un gran caudal de agua dulce a la CGSM, y aunque el objetivo de los proyectos, son la mitigación del riesgo de inundación finalmente terminan realizando un gran aporte a la recuperación del complejo lagunar. Por esta razón se incluyen sus proyectos dentro de este listado.

**Tabla 2. Antecedentes de proyectos ejecutados por UNGRD el Rio Fundación.**

Descripción	Actividades	Cantidades	Inversión
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA EN LA PARTE BAJA DEL RÍO FUNDACIÓN FASE II, EN JURIDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE EL RETEN MAGDALENA	Excavación a máquina bajo agua (incluye repaleo, cargue, transporte y disposición a una distancia no mayor a 50m).	190,285.00 m <sup>3</sup> .	\$ 6,356.893.772 m3.

### **1.2.2 Pregunta de investigación.**

La pregunta de investigación que se planteará en este documento es la siguiente:

¿Cómo se puede aportar al restablecimiento hidrológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta desde la intervención de la cuenca del río Sevilla?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto se enfoca en una estrategia que logre un aumento del aporte de agua dulce a la CGSM, en este caso se pretende formular un proyecto mediante el cual, se retiren los sedimentos que se han venido acumulando en el cauce del río Sevilla, como consecuencia de la sumatoria de diferentes problemáticas ambientales que se presentan en la Ciénaga, que finalmente afectan los ríos y la población en general de ese ecosistema natural, produciendo a su vez gran contaminación ambiental, pues al hacer una desviación se acumula el residuo sólido creando grandes cantidades de basura que contaminan las aguas en su cauce, es por eso que se hace necesario frenar este flagelo de desviación, apoyada en decretos y leyes que emanan del Estado para la protección del medio ambiente, enfatizando la necesidad de retroalimentar los conocimientos sobre el cuidado de los entornos naturales, manejo de residuos sólidos y el reciclaje para preservar más el cuidado de la naturaleza y por ende la salud de las personas que tienen su lugar de residencia en los alrededores de los afluentes del río.

Metodológicamente, su importancia radica en la construcción de un instrumento válido y confiable para la recolección, procesamiento y análisis de la información, lo cual permite determinar la relación entre lo que dicen los decretos jurídicos sobre el cuidado que se debe tener con la naturaleza y la realidad palpable. El estudio y análisis de la situación presentada por la desviación y la alta contaminación emanada de la cantidad de residuos sólidos que allí se acumulan, sin medir las consecuencias de tan nefasto procedimiento, se considera viable y pertinente porque contribuye a ampliar la visión de los investigadores al ponerse en contacto directo con la problemática detectada, lo que les permite brindar orientación a los moradores del sector sobre el cuidado, que se debe tener con los ríos que atraviesan la ciudad, pues ellos son como un pulmón para la naturaleza, a su vez representan un lugar de recreación para los bañistas.

La motivación principal detrás de este proyecto es el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta que ha sufrido un intenso proceso de deterioro ambiental en los últimos años, lo cual ha generado la necesidad de invertir mayores esfuerzos en investigación para mejorar el entendimiento del comportamiento físico del sistema.

La designación de este ecosistema como sitio RAMSAR y su declaración por la UNESCO como Reserva Mundial de la Biosfera son reconocimientos internacionales que permitirán reforzar acciones para la rehabilitación y conservación de sus bosques, suelos y recursos hídricos consolidando alternativas de producción sostenibles en beneficio del desarrollo de las comunidades asentadas en la región. En este sentido, se propone una estrategia de recuperación hidráulica del río Sevilla entre las abscisas k7+951.94 y k17+086.63 (desde la C.G.S.M), como aporte al restablecimiento de la dinámica hidrológica del complejo lagunar.

Con el fin de garantizar el aporte hídrico en cuanto a cantidad del recurso hídrico por lo tanto se hace necesario la intervención entre las abscisas mencionadas, ya que en esta sección del río se presenta mayores niveles de sedimentación, por tal razón se obstruye el flujo generando reducciones de ingreso de agua dulce en el ecosistema lagunar. Por lo anterior, es evidente el deterioro ambiental en la CGSM además de la alteración a la flora y fauna.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Formular una estrategia para la recuperación hidráulica del río Sevilla entre las abscisas k7+951.94 y k17+086.63 (desde la C.G.S.M), como aporte al restablecimiento de la dinámica hidrológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recolectar datos que permitan establecer una línea base del proyecto.
- Realizar las caracterizaciones hidrológicas y morfométricas.
- Realizar la modelación hidráulica del Río Sevilla en la parte Baja.
- Proponer de una estrategia de recuperación hidráulica del río Sevilla.

## 2 MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

La contaminación ambiental, está tan enraizada en el planeta que ni los ríos, con esos caudales de agua que atraviesan los municipios, las ciudades se salvan, de hecho, siempre han sido blancos de gran contaminación causada por la mano del hombre. El ser humano, no se detiene a pensar en el mal que causa cuando arroja residuos sólidos a las aguas de los ríos, o cuando empieza a sacar la tierra de su afluente para venderla o elaborar materiales de construcción como ladrillos, produciéndole grandes desviaciones al cauce del río.

El agua es un recurso renovable en peligro por culpa de la actividad humana. Toda el agua pura procedente de las lluvias, ya antes de llegar al suelo recibe su primera carga contaminante, cuando disuelve sustancias como anhídrido carbónico, óxido de azufre y de nitrógeno que la convierten en lluvia ácida. Ya en el suelo, el agua discurre por la superficie o se filtra hacia capas subterráneas. Al atravesar los campos el agua del río se carga de pesticidas y cuando pasa por ciudades arrastra productos como naftas, aceites de auto, metales pesados, etc.

Sumado a esto está la desviación que algunos agricultores le hacen al cauce del río, tratando de llevar este preciado líquido hasta sus campos, donde están sus cultivos, causando así un deterioro al cauce normal del río, también se ha visto que en numerosas ocasiones empiezan a hacer profundas excavaciones en el lecho del río, con el fin de sacar la arena para venderla, causando altibajos en el cauce del río.

Durante el desarrollo del presente trabajo, se estudiarán diferentes términos relacionados con el estudio, todos estos relacionados con la desviación de este recurso hídrico y los efectos negativos que produce tanto a la comunidad como al cauce del río.

**Agua:** El agua es el producto de la combinación de dos átomos el oxígeno y el hidrógeno y hasta el momento es el único elemento capaz de experimentar tres tipos de estado a priori incompatibles: líquido (mares, océanos, lagos), gaseoso (en forma de vapor de agua en la atmósfera) y sólido (nieve, hielo). (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

**Ambiente:** “Conjunto de características típicas y más usuales que corresponden a un determinado marco histórico o cultural”. (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

**Cuenca:** Se entiende por cuenca a aquella depresión o forma geográfica que hace que el territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar. Las cuencas hidrográficas son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos casos, la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera será una laguna o lago. (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

**Desviación:** En un sentido general desviación es el cambio en la dirección de algo. De esta manera, un camino o un proyecto presentan una desviación o desvío cuando es factible tomar otro rumbo alternativo. (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

**Drenaje:** Es un término que proviene del francés drainage y que hace referencia a la acción y efecto de drenar. Este verbo, a su vez, significa asegurar la salida de líquidos o de la excesiva humedad por medio de cañerías, tubos o zanjas. (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

**Procesos sedimentarios:** En las bocas de los ríos se encuentra signos de progradación o crecimientos a través de sus deltas. En los pantanos de los sistemas lagunar hay un crecimiento de deltas embrionarios y colmatación paulatina de algunos cuerpos de aguas. (DEFINICION ABC, DICCIONARIO , 2017)

## 2.2 MARCO TEÓRICO

La Ciénaga Grande de Santa Marta es la laguna costera más grande de Colombia, su extensión es de aproximadamente 430 Km<sup>2</sup>. Su volumen se ha estimado en 722 millones de m<sup>3</sup>, actualmente cuenta con una sola conexión con el Mar Caribe a través de la Boca de La Barra. La cuenca tributaria de la Ciénaga tiene un área aproximada de 7730 km<sup>2</sup>. Esta área está conformada por 4 vertientes principales así: Norte: interacción con el mar a través de la boca de la Barra; Sur: divisoria natural de aguas con las ciénagas de Zapayán y zonas básicamente planas, sus afluencias provienen de la Sierra como del río Magdalena a través



del caño Schiller y otros; Oriente: vertiente occidental de la SNSM, ríos Frío, Sevilla, Tucurínca, Aracataca y Fundación; Occidente: el río Magdalena en su sector final entre Sitio Nuevo y las Bocas de Ceniza El estudio de la dinámica de este sistema adelantado por el CIOH en el año 1999 presenta como la máxima profundidad encontrada en la Ciénaga de 7.5 m en el sitio denominado la Barra donde se establece comunicación directa de la ciénaga con el mar, así mismo en este sitio se presentan las corrientes más significativas de la ciénaga. Las mínimas profundidades con un promedio general de 0.5 m se encuentran ubicadas al Sur sobre la desembocadura del río Fundación y al Noreste en cercanías de la ciénaga de Sevillano, al noroeste se observan zonas donde la profundidad promedio es de 1.6 metros, igual en la desembocadura del río Aracataca. Al occidente está conectada con el Complejo Lagunar de Pajarales por medio de caños, siendo el principal el Caño Hondo o Grande, que comunica los dos cuerpos Grande o caño CGSM-Ciénaga Pajarales 1,5km Profundidades media de 4 m y máxima de 9 m Hondo Tambor CGSM-Ciénaga La Ahuyama 5,8km -Pajarales La Bodega CGSM-Ciénaga. Alfandoque Nombre del Caño Cuerpos que intercomunica Longitud, km Caudal, m<sup>3</sup>/s Tabla 10. Principales caños del complejo lagunar de Pajarales 45 de agua de mayor tamaño del sistema. En caño Grande que comunica con la ciénaga de Pajarales se encuentran profundidades de 6.5 metros, las ciénagas de Pajarales, la Redonda, la Auyama, la Luna, el Tigre, presentan profundidades entre 0.5 y 1 metro y en algunos sitios aislados se alcanzan profundidades de 1.5 metros. Además del ingreso de aguas provenientes del río Magdalena a través del caño Clarín, actualmente, la Ciénaga Grande de Santa Marta recibe aportes de agua de los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, siendo los más importantes de Sur a Norte: Fundación, Aracataca, Tucurínca, Sevilla y Frío. Para estos ríos es característico un periodo de bajos caudales entre los meses de enero, febrero y marzo que representan el 40 - 50% del volumen anual escurrido, no obstante, estos caudales son captados en cerca del 80% para fines de riego en la Zona Bananera durante este periodo, y cerca de un 20% con el mismo fin en los meses restantes del año. Según INDERENA-SODEIC (1987) el 60% del agua que se capta de esta vertiente es consumida para riego y otros usos, regresando el 40% a los drenajes naturales. El intercambio de aguas entre el mar y la Ciénaga Grande de Santa Marta se hace mediante un flujo superficial permanente en el extremo nororiental a través de la Boca de la Barra, la cual tiene un ancho de 180 m aproximadamente y una profundidad promedio de 6.0 m. La Boca de la Barra se

constituye entonces en el hito morfológico y físico más importante en el comportamiento hidráulico de esta ciénaga y también en su comportamiento hídrico y salino, puesto que a través de esta boca se realiza el intercambio entre agua dulce y agua salada, el influjo de las mareas y los aportes hidrológicos de la laguna. El volumen involucrado durante un evento de marea es del orden de 10 millones de m<sup>3</sup>, que comparado con el volumen de la Ciénaga no es muy significativo, lo es en términos acumulativos. Así la acción de la marea sobre el sistema está bastante determinada por la condición hidrológica imperante en el mismo. El ingreso de agua dulce desde el río Magdalena y los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, así como de la precipitación directa, hace que el agua de la Ciénaga tenga una salinidad variable tanto temporal como espacialmente, la cual depende de la localización y magnitud de las fuentes de agua fresca y de los mecanismos de circulación y mezcla dentro de la laguna. Durante el periodo de lluvias y de aguas altas del río Magdalena, aumenta el nivel de la Ciénaga, es muy poco el ingreso de agua del mar y solo se tiene influencia en la Ciénaga en inmediaciones de la Boca de la Barra mientras que durante los periodos secos y periodos de aguas bajas en el río Magdalena, debido al gran flujo vertical de evaporación y evapotranspiración, descienden los niveles y se favorece el ingreso acumulativo del agua de mar a la mayoría de cuerpos de agua del sistema. La cantidad de agua de mar que ingresa del mar en este periodo seco es un poco mayor a la requerida para atender el déficit, ya que una buena parte del agua dulce de los ríos de la Ciénaga sale directamente al mar por la Boca de la Barra, sin alcanzar a mezclarse adecuadamente; esto está determinado por el patrón de circulación en la Ciénaga y por los efectos de la estratificación de densidades. Durante este periodo se presenta un aumento de la salinidad en el Complejo Lagunar, la cual es indispensable para la subsistencia del manglar y de otras especies. Sin embargo, este flujo unidireccional de agua salobre de la Ciénaga al complejo de Pajara por periodos muy largos, genera una acumulación progresiva de sal. Este proceso de acumulación de sal está enmarcado en una condición de estanqueidad de la masa de agua ya que el recurso que ingresa eventualmente por precipitación o eventualmente por alguno de los caños, fluye en una capa sobre el agua salada y se evapora rápidamente, o sale del sistema; igualmente cuando ingresa agua salobre de la Ciénaga con menor concentración de sal que la existente en la laguna, se desplaza por la superficie y se evapora rápidamente dejando su contenido de sal en la laguna.

A esta condición se asocia la presencia de ácido sulfhídrico, la proliferación de algas cianofíceas, la falta de circulación de nutrientes y de biomasa, etc. En estas circunstancias el medio físico, no responde a las necesidades de las especies, muchas de las cuales están habituadas a las determinadas por el ciclo anual, y pueden causar su migración o su muerte lo que repercute en la cadena trófica y en la calidad misma del agua. En cuanto al balance hídrico y salino, de la Ciénaga es función de la magnitud de los aportes de las diferentes fuentes de agua reseñadas y de la interacción hidráulica de las masas de agua consideradas. El modelo modificado fue corrido para 18 años de información hidrológica (1967-1984) y de acuerdo a sus resultados se establece que, en promedio, el ciclo de llenado y vaciado de la Ciénaga es prácticamente anual, con un pequeño remanente positivo al final del año. En general la Ciénaga es una laguna de descarga neta al mar, donde los flujos de salida exceden a los de entrada en una cantidad aproximadamente igual a la contribución neta de la vertiente de la Sierra Nevada de Santa Marta. El periodo de diciembre a mayo, es la temporada hidrológica de mínima precipitación y escurrentía de agua fresca. Es durante este periodo y especialmente durante los meses de marzo a abril, cuando pueden esperarse máximas concentraciones de sal en la ciénaga. Por el contrario, el periodo de junio a noviembre es húmedo y entre los meses de noviembre y diciembre deben presentarse las salinidades más bajas, siendo establecido para el periodo septiembre a diciembre una variación de salinidad entre el 2% y el 5% y entre enero a septiembre entre el 13% y el 25 %. A pesar de las bajas salinidades registradas en algunos meses para el periodo evaluado, y de excesos de salinidad en periodos de fuerte sequía, la Ciénaga recupera muy rápidamente los valores medios más compatibles con el promedio multianual del 25% de la concentración marina. El intercambio de agua con el mar representa volúmenes anuales de cerca de 20.000 Mm<sup>3</sup>, la siguiente fuente de importancia en magnitud es el volumen de agua fresca que proviene de la SNSM, con cerca de 3200 Mm<sup>3</sup> /año que representa más del 30% del volumen que proviene del mar. La precipitación sobre la ciénaga misma, representa apenas la décima parte del agua de la SNSM y es excedida en proporción de 2 a 1 por la evaporación, dejando un balance positivo, muy escaso únicamente entre junio y noviembre. Milton López Tarabochía. La Ciénaga Grande: ¿Por qué la laguna costera más grande de Colombia está en peligro?; 12 de Junio 2017. *Mongabay Latam*. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2017/06/colombia-cienaga-grande-contaminacion/>

Por eso se considera que el desarrollo urbano, ha significado un gran aumento en la superficie además de producir contaminación en los diferentes ríos o cuencas hidrográficas locales (EPA, 1999), presentando altos volúmenes de flujo y valores extremos de caudal instantáneo, el gran crecimiento de la población, produce bajos niveles de aguas en los ríos urbanos y aumenta los procesos de erosión y sedimentación. La técnica del drenaje, es favorable cuando se presentan inundaciones por efectos de la lluvia, pues se hace necesario desviar un poco el curso de las aguas para tratar de evitar males mayores, pero cuando el drenaje se hace con otros fines, como es el caso del río Sevilla donde se observa que los propietarios de las fincas están desviando el curso del río para beneficio personal, no deja de ser un problema para la población en general, pues al hacer este drenaje, al sacar un brazo del río, ese corte se llena de residuos sólidos impidiendo que el agua avance hacia su cauce normal, por lo tanto no puede llegar a su destino final como lo es la Ciénaga Grande de Santa Marta, pues estos ríos descansan en el mar, por ley natural, al desviar su curso no pueden llegar y se estancan, convirtiéndose en una proliferación de mosquitos y vectores contaminantes para la población.

Lo que acontece con el río Sevilla en la zona bananera de Santa Marta, es motivo de preocupación para la población, pues es este un afluente que atraviesa la población brindando sus bondades a lo largo y ancho de la población, y al ser desviado su curso, solo beneficia a unos pocos y por ende se deteriora el medio ambiente. Se pretende en este anteproyecto, buscar las estrategias para minimizar el desvío que hacen algunos pobladores del preciado líquido que fluye por los cauces del río Sevilla.<sup>2</sup>

El desarrollo urbano, ha significado un gran aumento en la superficie además de producir contaminación en los diferentes ríos o cuencas hidrográficas locales (EPA, 1999), presentando altos volúmenes de flujo y valores extremos de caudal instantáneo, el gran crecimiento de la población, produce bajos niveles de aguas en los ríos urbanos y aumenta los procesos de erosión y sedimentación. La técnica del drenaje, es favorable cuando se

---

<sup>2</sup> <http://www.corpamaq.gov.co>

presentan inundaciones por efectos de la lluvia, pues se hace necesario desviar un poco el curso de las aguas para tratar de evitar males mayores, pero cuando el drenaje se hace con otros fines, como es el caso del río Sevilla donde se observa que los propietarios de las fincas están desviando el curso del río para beneficio personal, no deja de ser un problema para la población en general, pues al hacer este drenaje, al sacar un brazo del río, ese corte se llena de residuos sólidos impidiendo que el agua avance hacia su cauce normal, por lo tanto no puede llegar a su destino final como lo es la Ciénaga Grande de Santa Marta, pues estos ríos descansan en el mar, por ley natural, al desviar su curso no pueden llegar y se estancan, convirtiéndose en una proliferación de mosquitos y vectores contaminantes para la población.

Lo que acontece con el río Sevilla en la zona bananera de Santa Marta, es motivo de preocupación para la población, pues es este un afluente que atraviesa la población brindando sus bondades a lo largo y ancho de la población, y al ser desviado su curso, solo beneficia a unos pocos y por ende se deteriora el medio ambiente.

Se pretende en este anteproyecto, buscar las estrategias para minimizar el desvío que hacen algunos pobladores del preciado líquido que fluye por los cauces del río Sevilla.

### 2.3 MARCO JURÍDICO

En la tabla a continuación, se describe en el marco de la legislación colombiana, aquellos que incluyen el manejo de la CGSM:

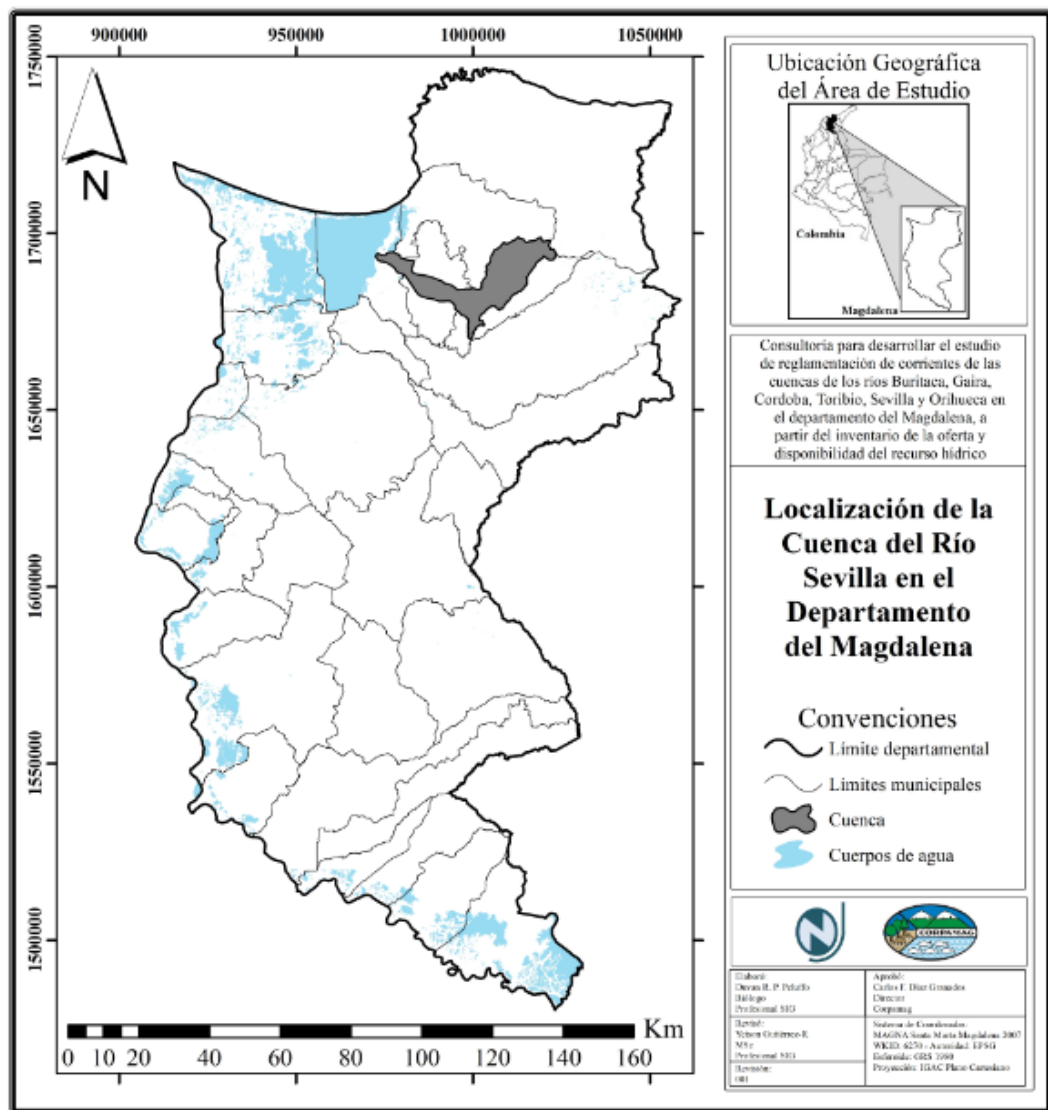
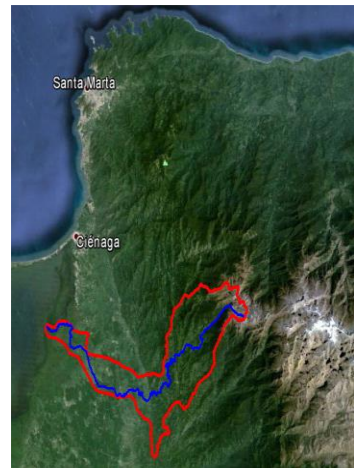
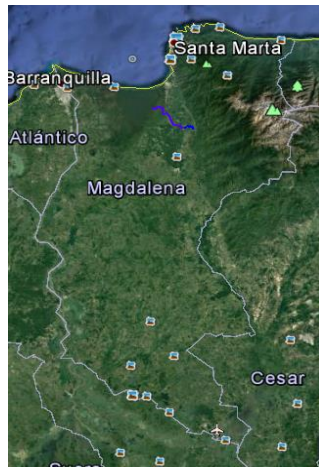
**Tabla 3. Marco Jurídico del Proyecto.**

Nombre	Descripción
<b>Resolución 1323 de 04 de noviembre de 2016 – ANLA</b>	Por la cual se otorga una licencia ambiental y se toman otras determinaciones
<b>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional</b>	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

<b>Resolución 1710 de 15 de noviembre de 2005</b>	Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 981 de 2005 en lo relacionado con la determinación de las entidades que se constituyen en sujeto activo y de la destinación del recaudo de la sobre tasa ambiental a que se refiere dicha Ley y se adoptan otras disposiciones
<b>Decreto 224 de 02 de febrero de 1998</b>	Por el cual se designa un humedal para ser incluido en la lista de humedales de importancia internacional, en cumplimiento de lo dispuesto en la ley 357 de 1997
<b>Resolución 168 del 6 de junio de 1977 / Diario Oficial 24811 de 23 de junio de 1977</b>	Por la cual se aprueba el Acuerdo 0029 del 2 de mayo de 1977 de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables INDERENA
<b>Acuerdo 03 de febrero 27 de 1970</b>	Por el cual se declara zona de reserva nacional la Ciénaga Grande de Santa Marta para los efectos de proteger y conservar los recursos ostríferos y los moluscos en general

## **2.4 MARCO GEOGRÁFICO**

El tramo del río Sevilla objeto de estudio, se encuentra ubicado al norte del departamento del Magdalena. Nace en la Sierra Nevada de Santa Marta en la cuchilla el Placer, a una altura aproximada de 4000 m.s.n.m., atravesando el municipio de Zona Bananera y finalmente desembocando en la Ciénaga Grande de Santa Marta, tal como se muestra en la figura a continuación:



**Ilustración 3. Localización General de la zona de estudio.**

## 2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

Para la descripción del Marco Demográfico se tendrán en cuenta todos los municipios pertenecientes al Ecosistema Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, ya que son los que hacen parte del área de influencia indirecta del proyecto, siendo únicamente el municipio de Zona Bananera el considerado como área de influencia indirecta. Los municipios pertenecientes a la CGSM son:

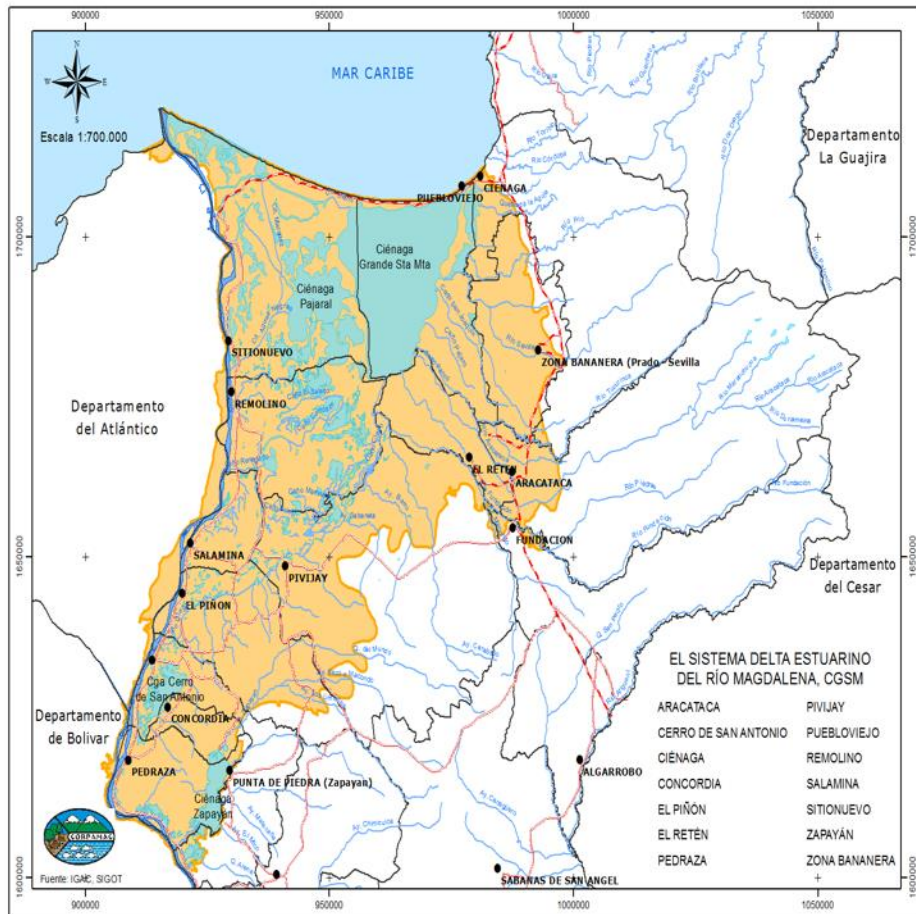
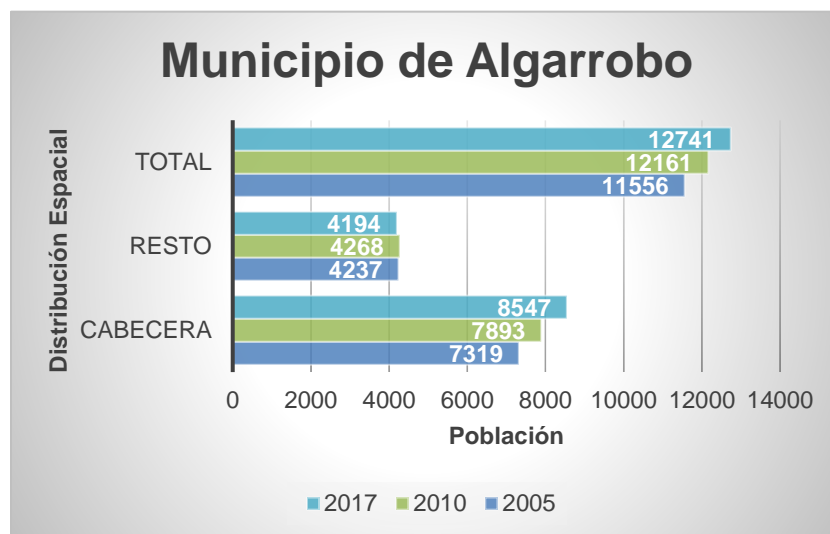


Ilustración 4. Mapa de Municipios que Influyen dentro del sistema Estuarino.



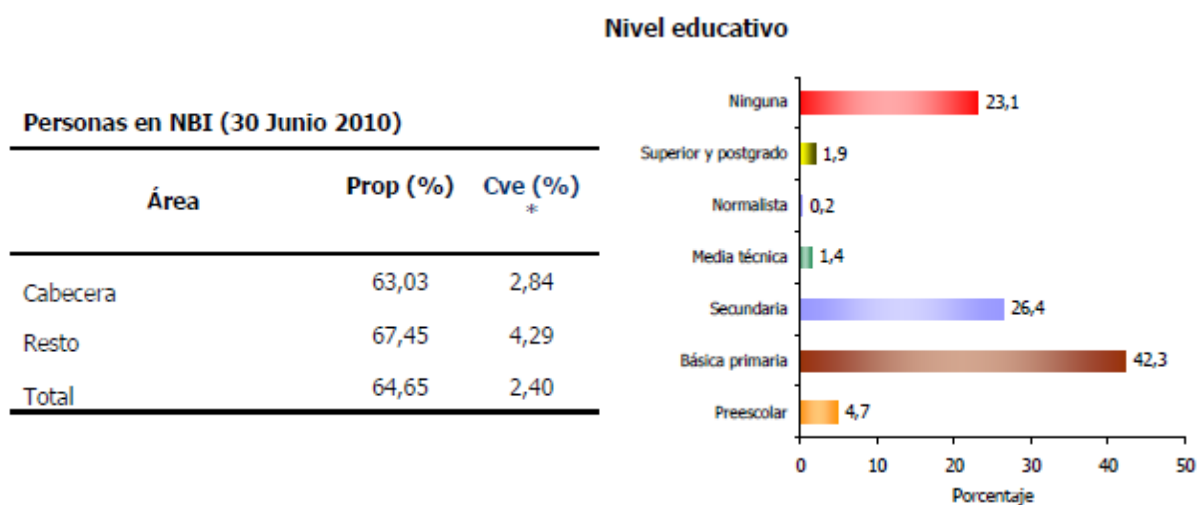
## 2.5.1 Algarrobo

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Algarrobo Magdalena. 14 de Septiembre de 2010.



**Ilustración 5. Proyección de la población, municipio de Algarrobo-Magdalena**

Como se puede observar en el gráfico anterior, según las proyecciones de la población del DANE en el municipio de Algarrobo, la tendencia muestra un crecimiento, sin embargo, en la parte rural, muestra que ha crecido en un porcentaje pequeño.



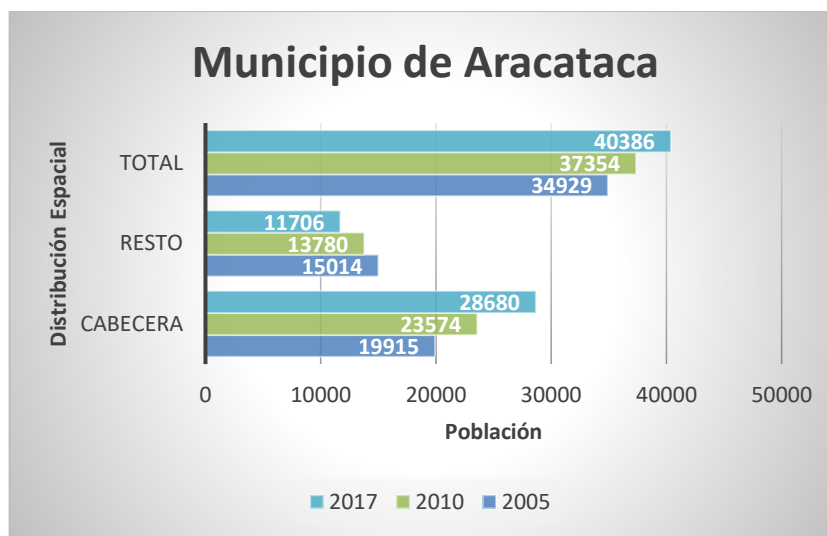
Área	Prop (%)	Cve (%) *
Cabecera	63,03	2,84
Resto	67,45	4,29
Total	64,65	2,40

Por otro lado, se puede observar que la población tiene un alto índice de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), situación común en los municipios del Magdalena. Así

mismo, el grado de analfabetismo es muy alto y en general el porcentaje de la población tiene acceso y logra estudios de educación superior es muy bajito.

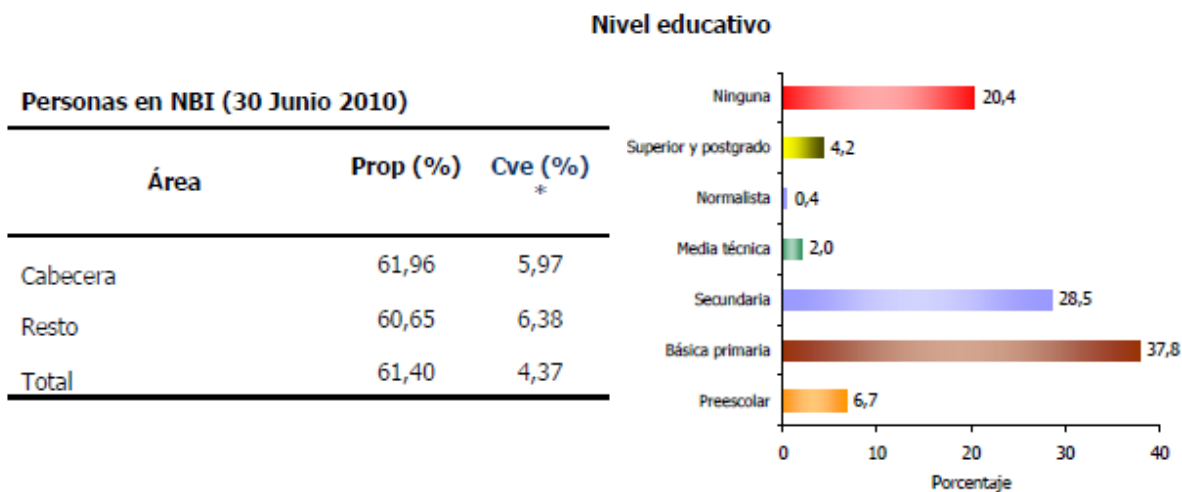
## 2.5.2 Aracataca

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Aracataca Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



**Ilustración 6. Proyección de la población , municipio de Aracataca-Magdalena.**

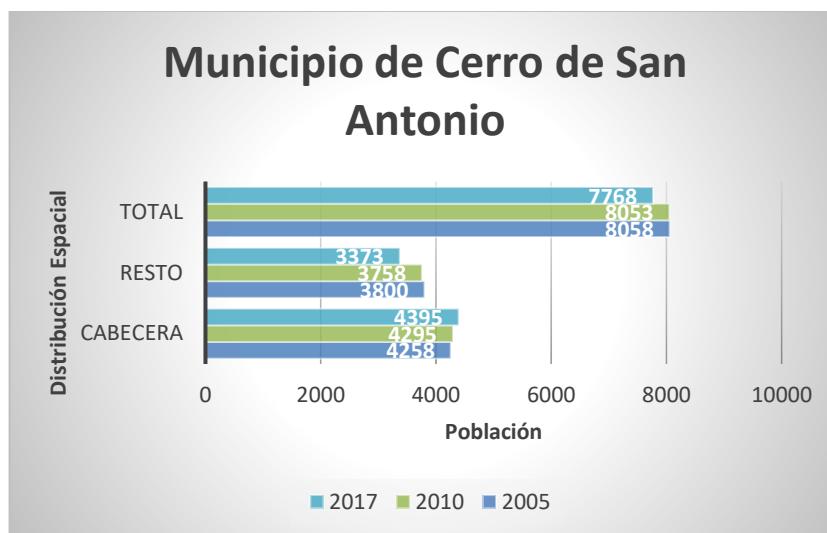
Como se puede observar en el gráfico anterior, según las proyecciones de la población del DANE en el municipio de Aracataca, la tendencia muestra un crecimiento, sin embargo, en la parte rural, muestra una tendencia de decrecimiento.



En el municipio de Aracataca, igualmente se ve un índice de Necesidades Básicas insatisfechas en promedio del 61,4%, que es alto, puesto que se presenta en la mayoría de la población. El nivel educativo en Aracataca, es en su mayoría de básica primaria y en orden descendente Secundaria y ninguna, encontrándose en un menor porcentaje la población que ha tenido acceso a la educación superior.

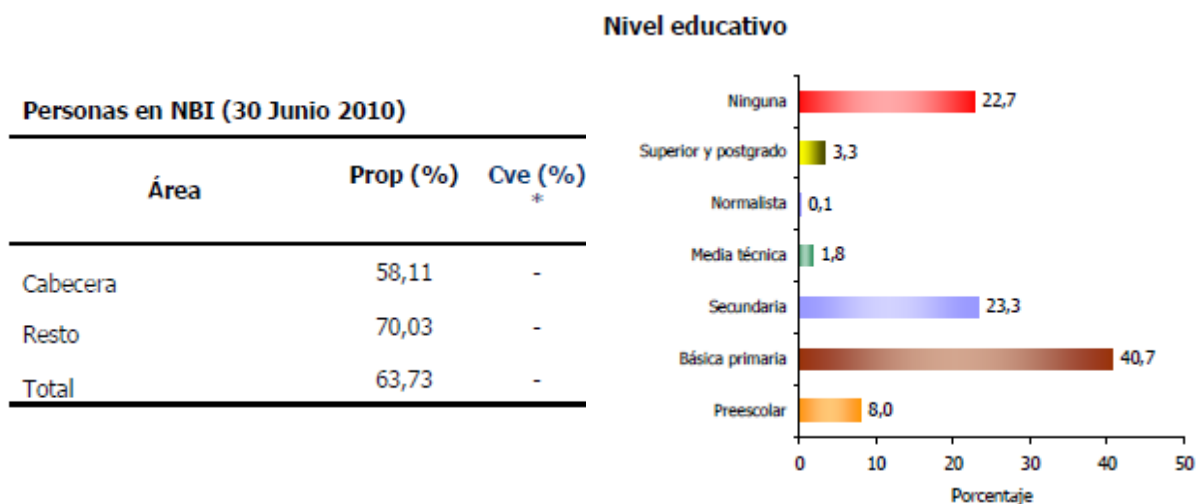
### 2.5.3 Cerro de San Antonio

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Cerro de San Antonio Magdalena. 14 de Septiembre de 2010.



**Ilustración 7. Proyección de la población , municipio de Cerro de San Antonio-Magdalena**

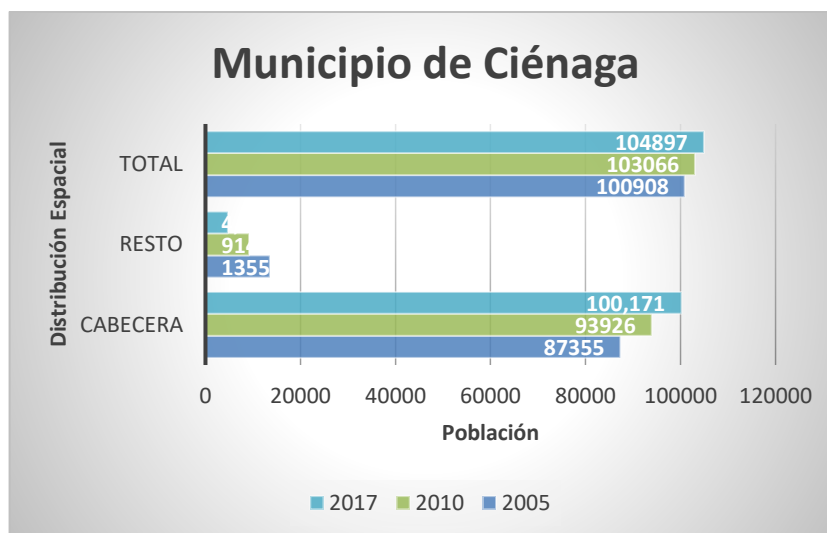
En general en el municipio de Cerro de San Antonio, la tasa de crecimiento poblacional muestra una tendencia negativa, disminuyendo el número de habitantes desde el censo de 2005 hasta la fecha.



Se puede observar en cuanto al NBI, que en la parte rural del municipio el índice es realmente alto, alcanzando un porcentaje del 70,03%, mientras que en la cabecera uno del 58,11%, alcanzando un promedio del 63,73%. Al igual que en la mayoría de los municipios de Magdalena el porcentaje de la población que tiene acceso a educación superior es mínimo alcanzando un valor tan solo del 3.3%.

#### 2.5.4 Ciénaga

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Ciénaga Magdalena. 14 de septiembre de 2010.

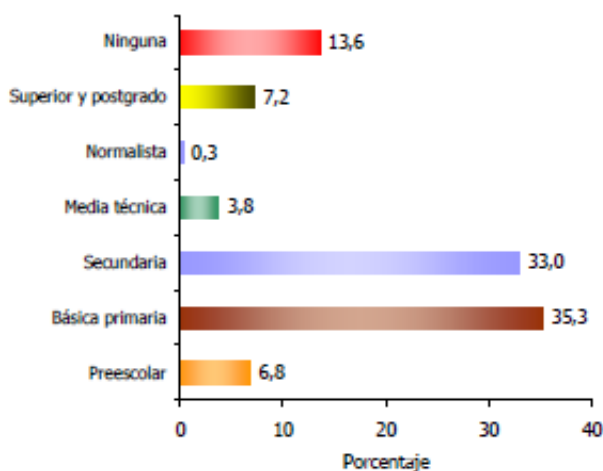


### Ilustración 8. Proyección de la población , municipio de Ciénaga-Magdalena

La población en el municipio de Ciénaga con respecto al censo de 2005, se muestra en constante crecimiento, a excepción de la zona rural en la que el decrecimiento es bastante considerable.

#### Personas en NBI (30 Junio 2010)

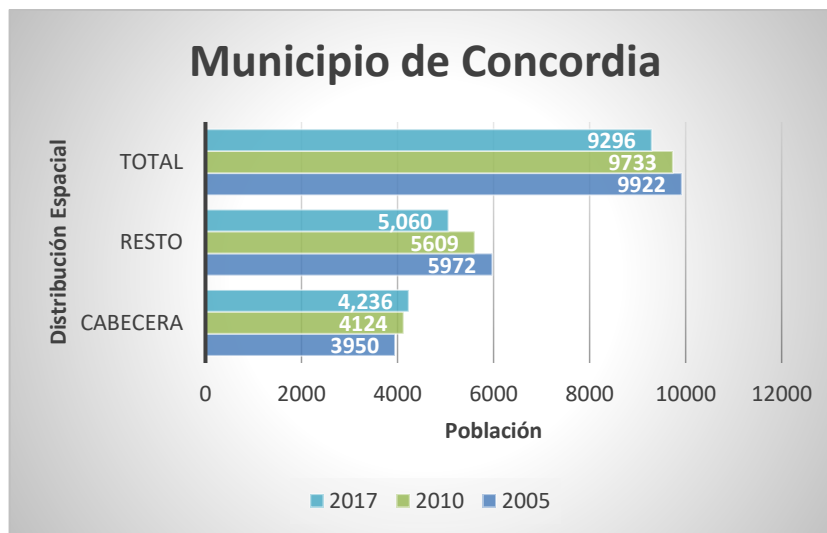
Área	Prop (%)	Cve (%)*
Cabecera	40,74	4,88
Resto	63,59	-
Total	43,81	3,92



Se puede observar que el municipio de Ciénaga es uno de los pocos en el Magdalena con un NBI por debajo del 50%, alcanzando un valor promedio entre la cabecera y el resto de un 43.81%. Así mismo, el porcentaje de habitantes con acceso a la educación superior aumenta considerablemente en comparación con otros municipios, puesto que es del 7.2%.

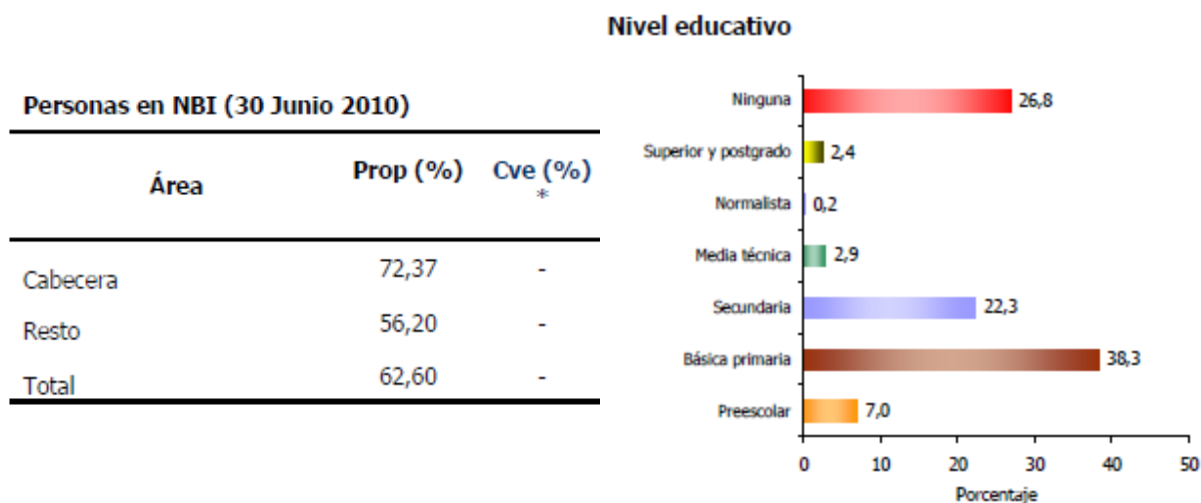
#### 2.5.5 Concordia

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Concordia Magdalena. 14 de Septiembre de 2010.



### Ilustración 9. Proyección de la población , municipio de Concordia-Magdalena

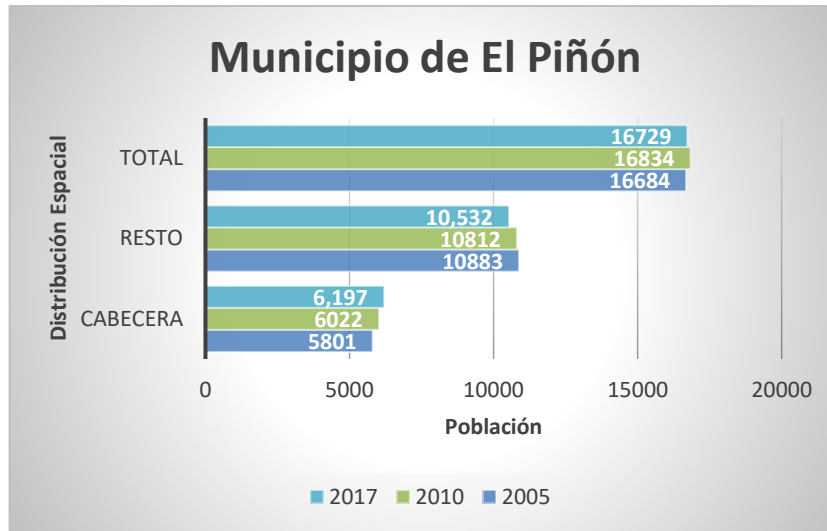
En general en el municipio de Concordia, se presenta un decrecimiento de la población según la proyección realizada por el DANE para el año 2017.



En la cabecera, se presenta un NBI realmente alto sobrepasando el 70%, mientras que en la zona rural a pesar de ser alto, sólo pasa el 50% por un 6.2%. En cuanto al nivel educativo, el 72% de la población se encuentra por debajo de la básica primaria y tan solo el 2.4% alcanza estudios de educación superior.

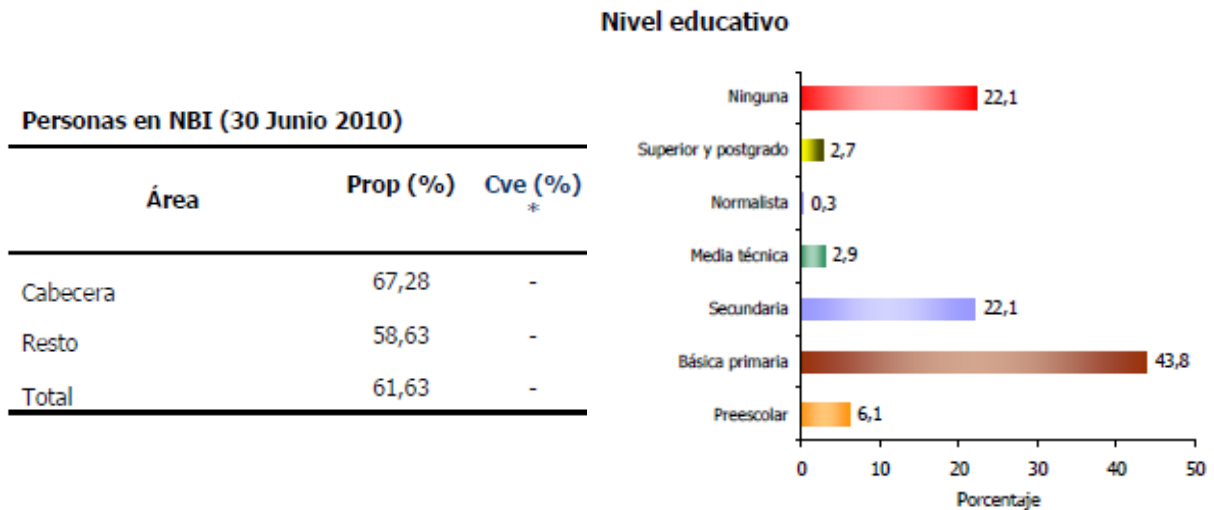
#### 2.5.6 El Piñón

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil El Piñón Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



**Ilustración 10. Proyección de la población, municipio de El Piñón-Magdalena**

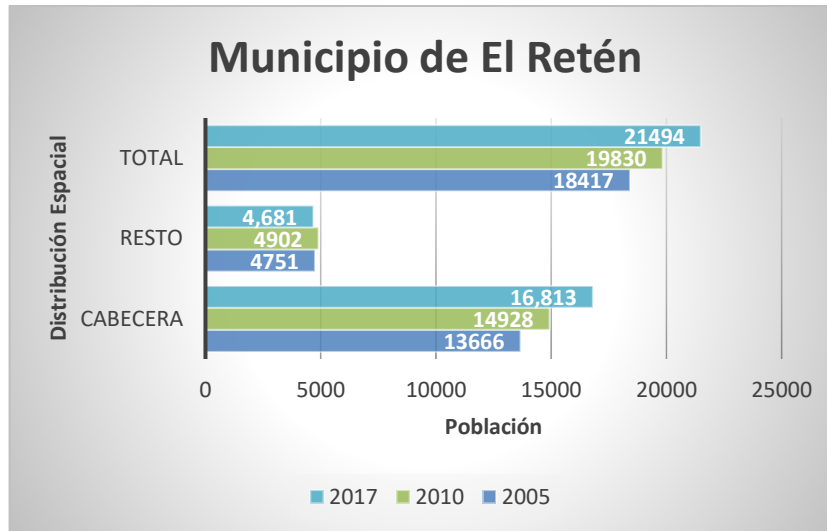
En el Piñón la población se mantiene relativamente constante, con una diferencia poblacional total únicamente de 45 habitantes de más con respecto a 2005 según las proyecciones del DANE.



Como en la mayoría de los municipios del Magdalena, el NBI se encuentra por encima del 60%. En cuanto al nivel educativo, el 72% de la población se encuentra por debajo de la básica primaria y tan solo el 2.7% alcanza estudios de educación superior.

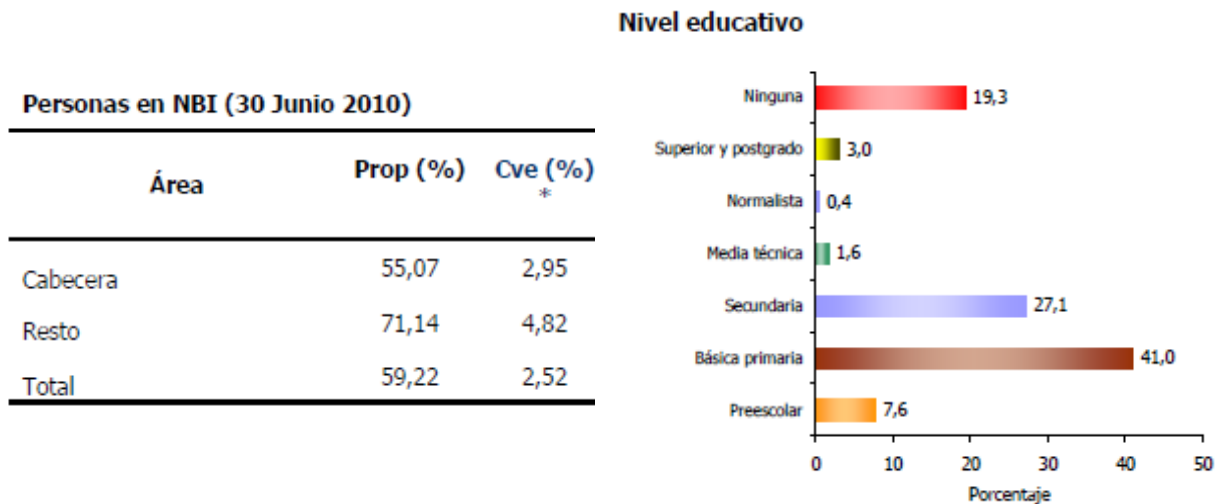
**2.5.7 El Retén**

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil El Retén Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



### Ilustración 11. Proyección de la población, municipio de El Retén-Magdalena

En general en el municipio de El Retén, la población ha venido creciendo desde el censo de 2005 según el comportamiento analizado por el DANE.

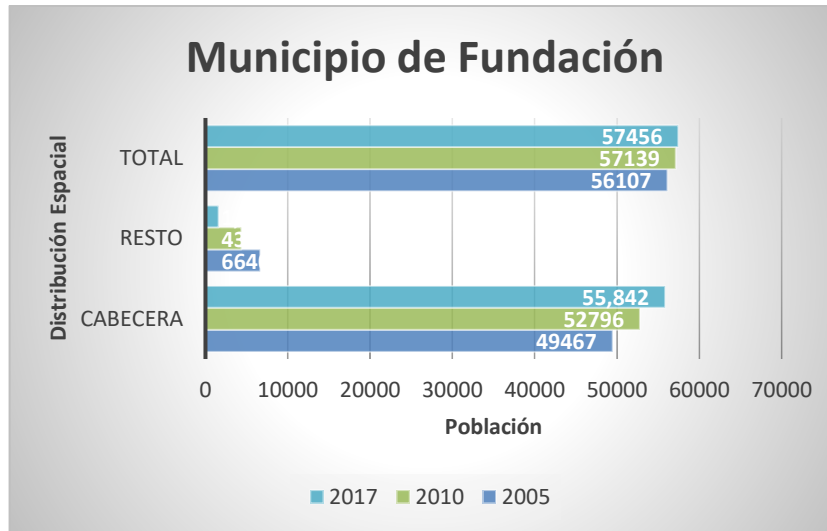


En promedio El Retén alcanza un porcentaje de NBI del 59.22%. Por otro lado, la población con un nivel educativo por debajo de la básica primaria alcanza un 67.9%, mientras que el porcentaje que tiene acceso a la educación superior es del 3%.

### 2.5.8 Fundación

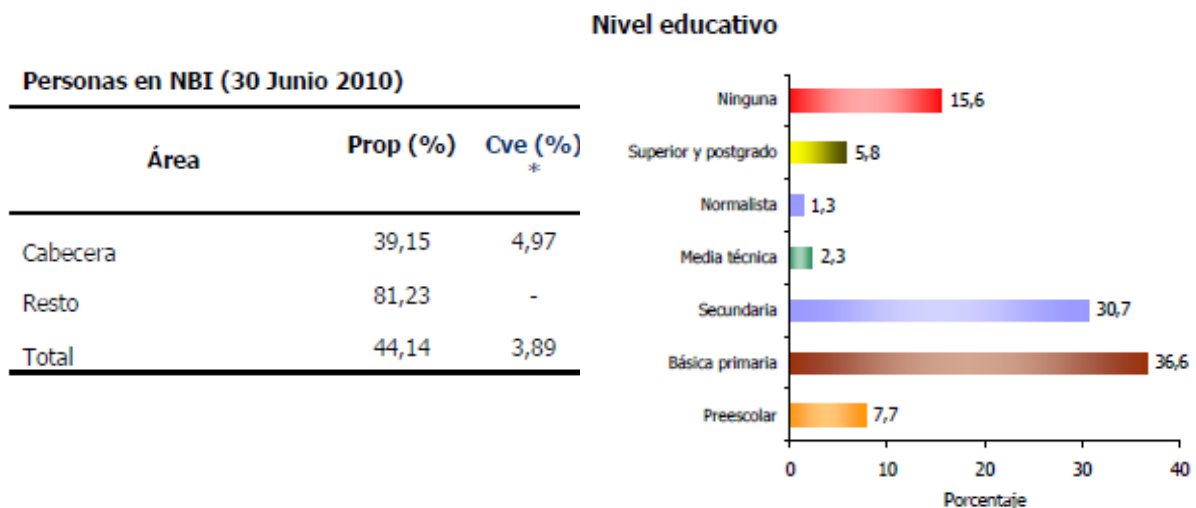
Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Fundación Magdalena. 14 de Septiembre de 2010.





**Ilustración 12. Proyección de la población, municipio de Fundación-Magdalena**

En general la población total en el municipio de Fundación se ha mantenido relativamente constante desde 2005, observando una diferencia más marcada en las tasas de crecimiento de la cabecera y el resto.

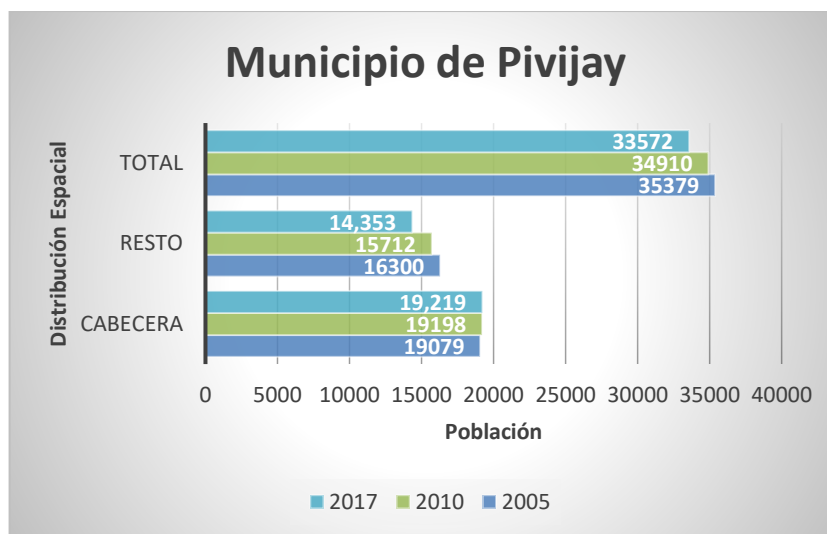


Se puede observar que el NBI en el municipio de Fundación muestra uno de los mejores porcentajes promedio del departamento del Magdalena puesto que está 5 puntos por debajo de la mitad, sin embargo, ahondando a los porcentajes de la cabecera y el resto por separado, encontramos una cifra alarmante para zona rural que alcanza un 81.23%. En cuanto

al nivel educativo, las personas con acceso a educación superior representan el 5.8% de la población total.

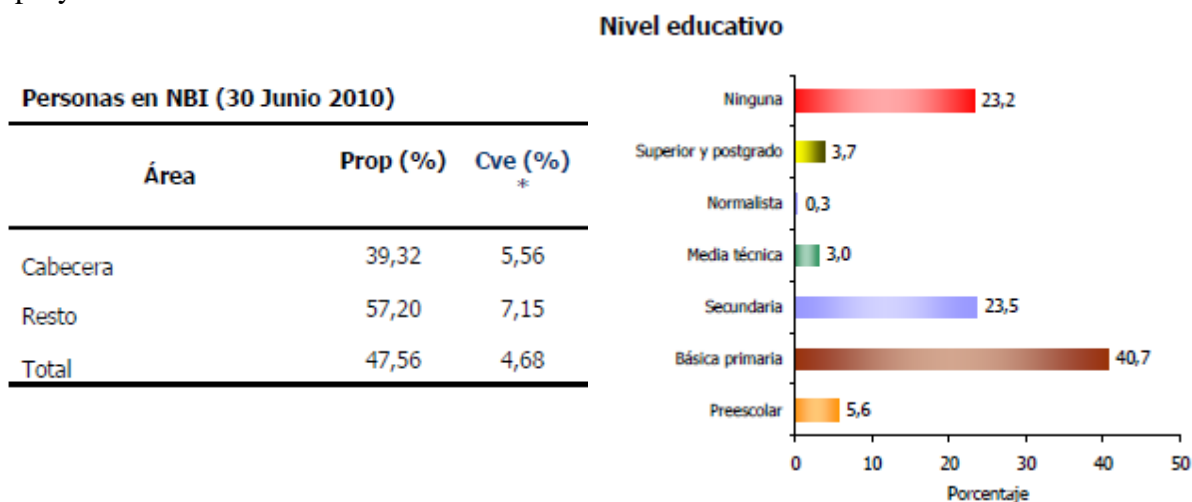
### 2.5.9 Pivijay

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Pivijay Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



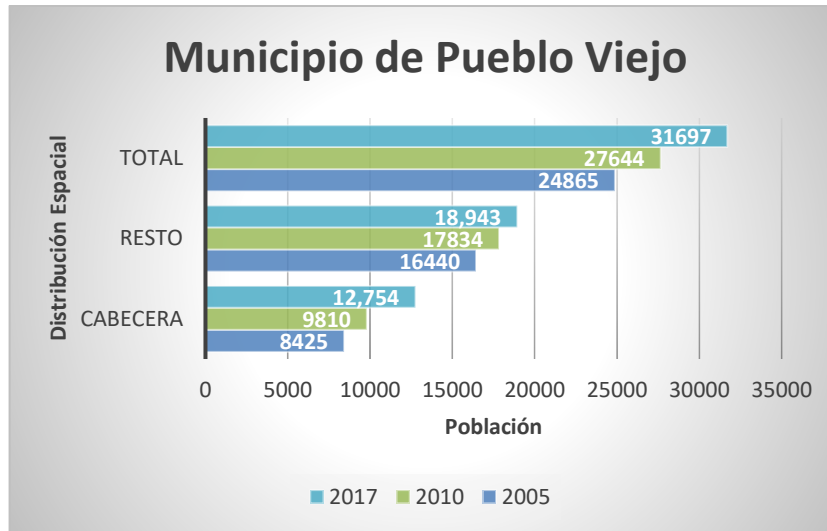
**Ilustración 13. Proyección de la población, municipio de Pivijay-Magdalena**

En el municipio de Pivijay se observa una tasa de crecimiento negativa según las proyecciones del DANE a 2017.



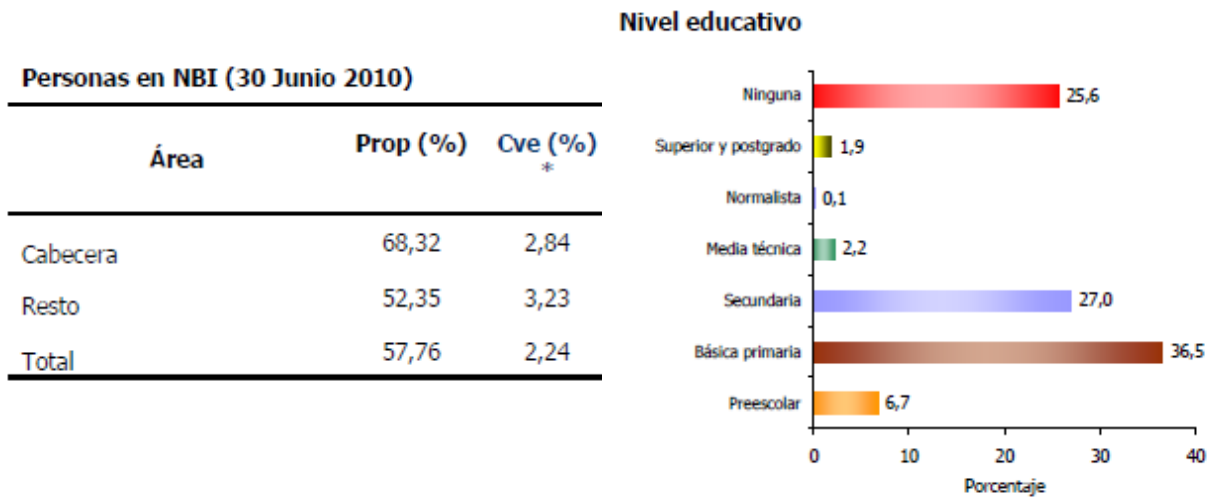
### 2.5.10 Pueblo Viejo

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Pueblo Viejo Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



**Ilustración 14. Proyección de la población, municipio de Pueblo Viejo-Magdalena**

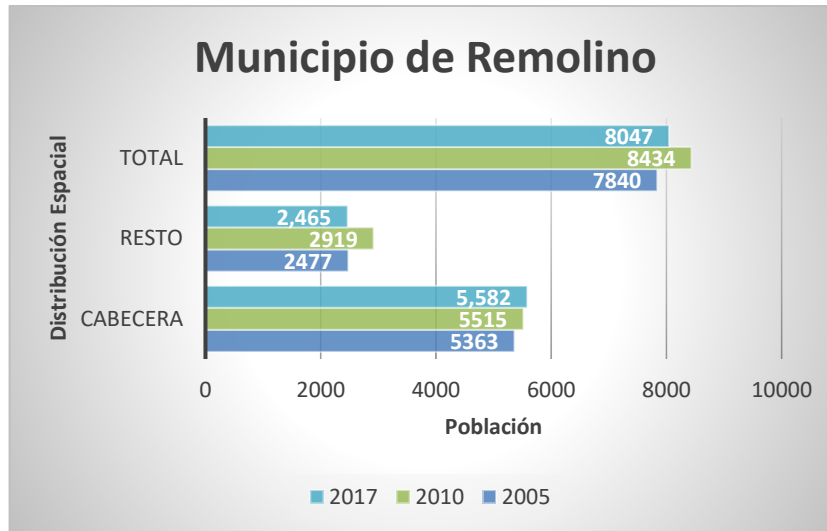
En el municipio de Pueblo Viejo podemos observar una tasa de crecimiento realmente alta, tanto en la cabecera como en el resto.



EL índice NBI alcanza un porcentaje total del 57.76%. Mientras que en cuanto al nivel educativo, alcanza el 68.8%.

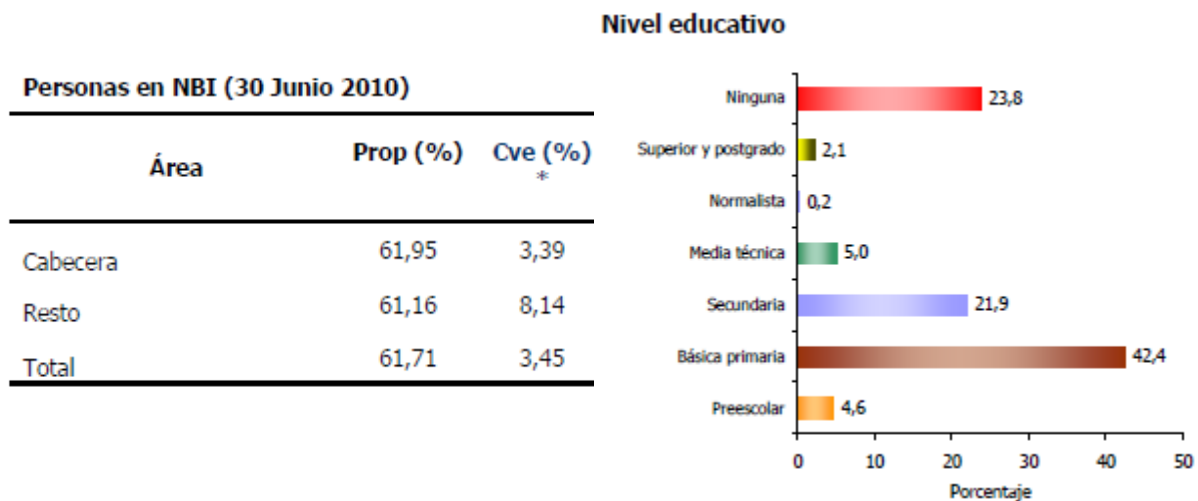
#### 2.5.11 Remolino

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Remolino Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



**Ilustración 15. Proyección de la población, municipio de Remolino-Magdalena**

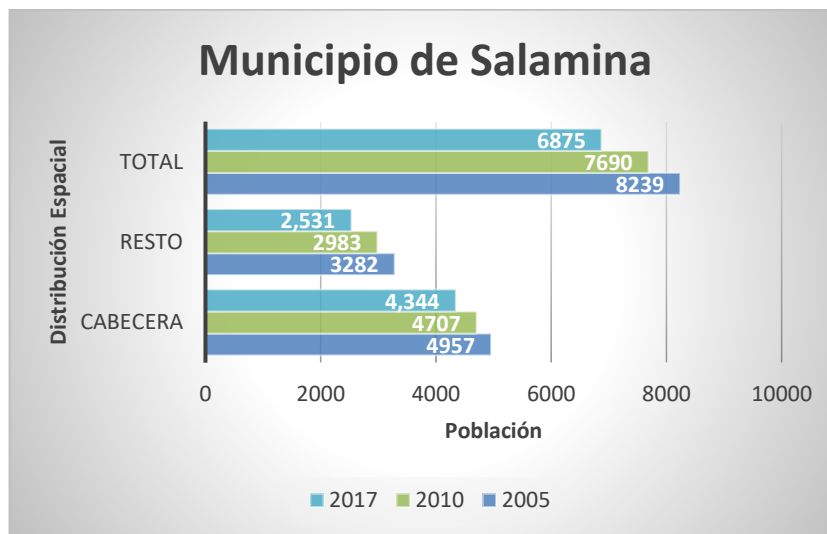
Se puede observar que el comportamiento del crecimiento poblacional es bastante variable, puesto que presentó un crecimiento de 2005 a 2010 pero un decrecimiento de 2010 a 2017, sin embargo, según las proyecciones actualmente la población es mayor con respecto al año censal.



El porcentaje de NBI es muy parecido tanto en la cabecera como en el resto del municipio, presentando un porcentaje promedio del 61.71%. En cuanto al nivel educativo únicamente el 2.1% alcanza estudios de educación superior mientras que 70.8% tiene estudios por debajo de la básica primaria.

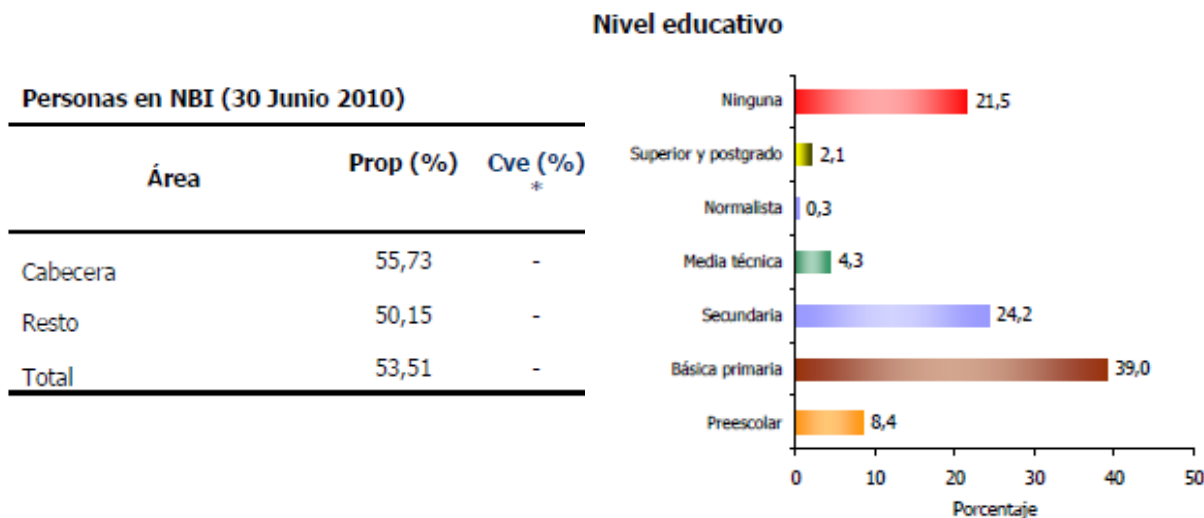
### 2.5.12 Salamina

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Salamina Magdalena. 14 de septiembre de 2010.



**Ilustración 16. Proyección de la población , municipio de Salamina-Magdalena**

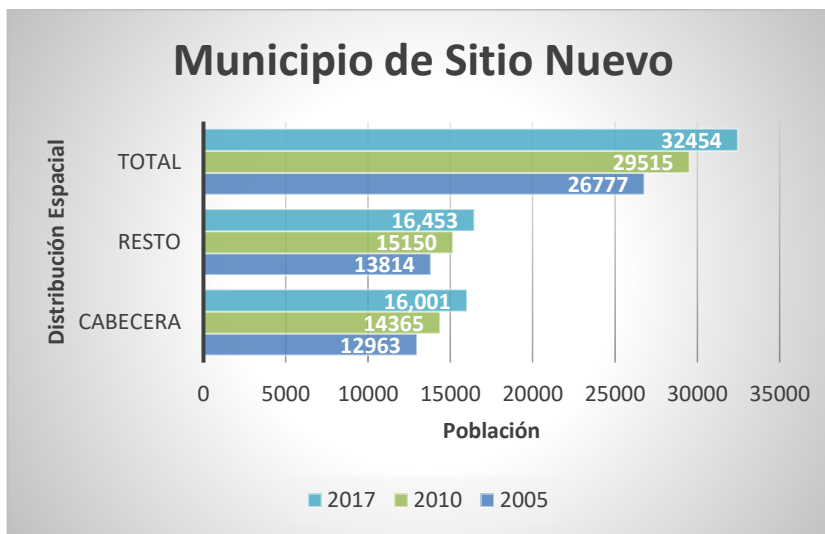
La población en el municipio de Salamina ha venido disminuyendo casi de manera constante tanto para la cabecera como para el resto, así como se mostró en la imagen anterior.



El índice NBI en el municipio de Salamina alcanza un 53.51%. Mientras que en cuanto al nivel educativo, tan solo el 2.1% alcanza estudios de educación superior y 68.9% posee estudios por debajo de la básica primaria.

### 2.5.13 Sitio Nuevo

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Sitio Nuevo Magdalena. 14 de septiembre de 2010.

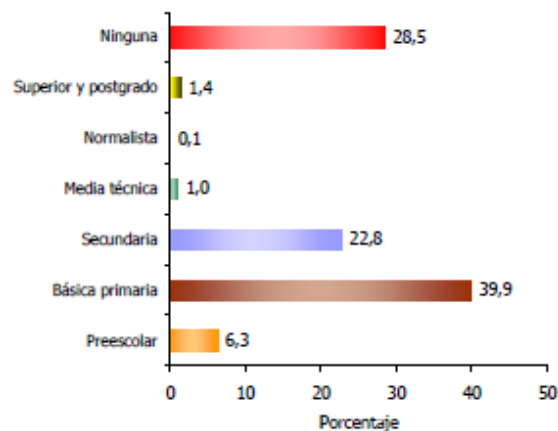


**Ilustración 17. Proyección de la población, municipio de Sitio Nuevo-Magdalena**

En el municipio de Sitio Nuevo se observa un crecimiento poblacional tanto en la cabecera como en el resto.

Área	Prop (%)	Cve (%) *
Cabecera	60,76	2,57
Resto	72,63	2,28
Total	66,89	1,70

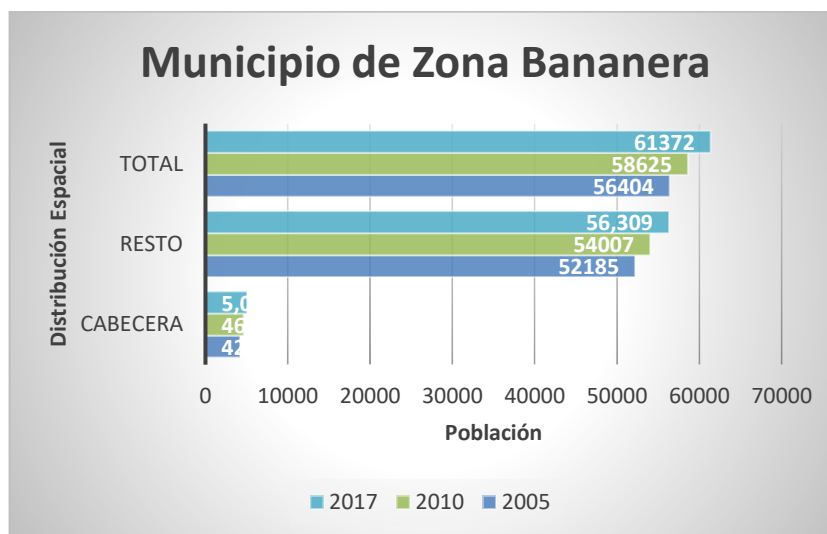
#### Nivel educativo



El NBI alcanza un porcentaje del 66.89%. En cuanto al nivel educativo, tan solo el 1.4% alcanza estudios de educación superior.

## 2.5.14 Zona Bananera

Todos los datos de este inciso son tomados del Boletín Censo General 2005. Perfil Zona Bananera Magdalena. 14 de septiembre de 2010.

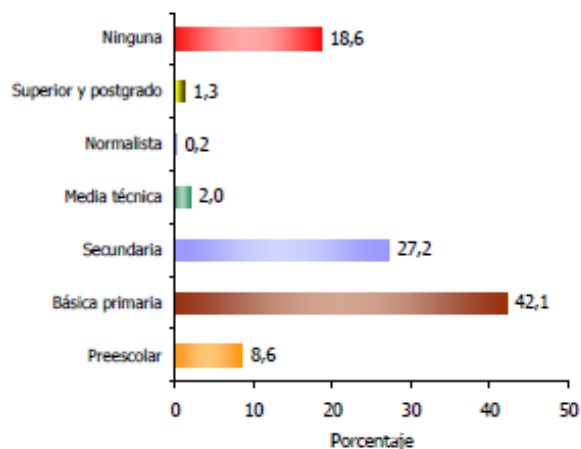


**Ilustración 18. Proyección de la población, municipio de Zona Bananera-Magdalena**

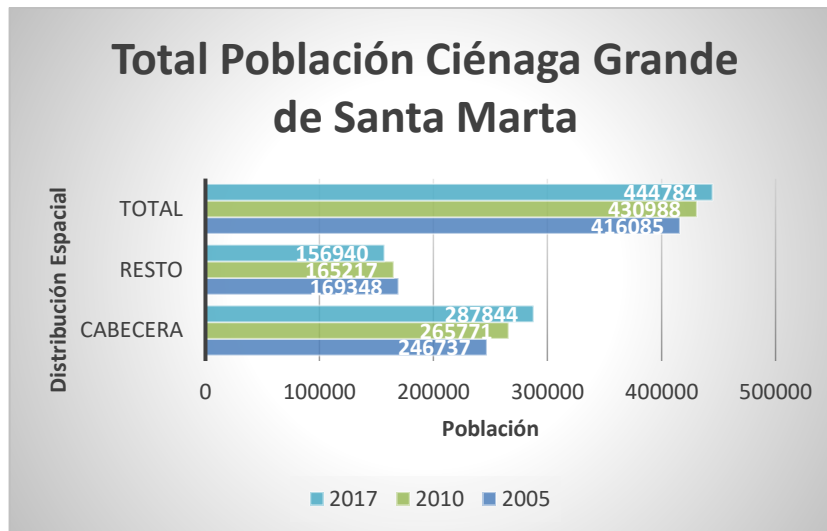
El municipio de Zona Bananera muestra un crecimiento poblacional tanto en la cabecera como en el resto, según las proyecciones del DANE a 2017.

**Nivel educativo**

Área	Prop (%)	Cve (%) *
Cabecera	49,74	6,05
Resto	43,79	4,97
Total	44,22	4,59



El porcentaje NBI del municipio de Zona Bananera es de los menores del Magdalena con un valor de 44,22%, que se mantiene por debajo del 50% tanto para la cabecera como para el resto. En cuanto al nivel educativo, tan solo un 1.3% de la población alcanza estudios de educación superior, mientras que el 69.3% posee estudios por debajo de la básica primaria.



**Ilustración 19. Proyección Total de la población, CGSM**

En general, en los municipios que habitan la Ciénaga Grande de Santa Marta, en las zonas rurales la población ha venido decreciendo, mientras que en las cabeceras la población ha venido creciendo a mayor escala. De esta manera, actualmente, según las proyecciones del DANE, hay una población de 444.784 habitantes en el sector de la CGSM.

## 2.6 ESTADO DEL ARTE.

Los problemas de calentamiento global, la contaminación ambiental y las sedimentaciones en las cuencas de los ríos ocasionadas por grandes caudales y altas velocidades más que todo en las secciones aguas abajo del de río Sevilla, cuando finalmente se realiza el aporte al complejo lagunar, sobre todo esta última problemática, no permite que la entrada de agua dulce sea la suficiente para la alimentación del ecosistema en la ciénaga grande santa marta, y consigo, ha traído grandes catástrofes naturales.

Mucha gente se ha concientizado con respecto a lo que sucede por eso se han adelantado varias investigaciones expuestas en libro y trabajos de investigación, algunos de estos son:

- PLAN DE MANEJO PARA EL SITIO RAMSAR Y RESERVA DE LA BIOSFERA, SISTEMA DELTA ESTUARINO DEL RIO MAGDALENA, CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA



El objetivo general de este documento es definir un esquema de solución aceptado y concertado entre todos los investigadores asociados al complejo lagunar. Como resultado del proceso de discusiones multidisciplinarias se acordó la «arquitectura» de canales cuya capacidad hidráulica pudiera reproducir todo el rango de condiciones de salinidad y de dinámica hídrica considerados convenientes para el ecosistema.

- **PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.**

La estructura general del Plan Básico de Ordenamiento del Municipio Zona Bananera comprende tres aspectos, que son: en primer lugar, el contenido general del inventario territorial municipal en sus escalas urbana y rural, el cual permite un conocimiento integral de la disposición de los componentes que estructuran el territorio, así como de los elementos que complementan toda la gama de actividades de apoyo a las comunidades, las cuales se concretan en servicios requerido como: servicios públicos, educación, salud, recreación, transporte, entre otros, lo que en conjunto permite determinar un diagnóstico que refleje y precise las principales restricciones al desarrollo municipal, como también identifique sus principales potencialidades; en segundo lugar, la caracterización de la dinámica territorial con relación a sus vínculos con el departamento, la región y la nación, la cual tiene como fin señalar los niveles de interacción que presenta con cada uno de estos y, en esa medida, suministrar elementos que nutran una reflexión compartida, pero sensata, sobre las principales características sobre el futuro del municipio; en último lugar, el documento establece los instrumentos apropiados para la implantación del Plan Básico de Ordenamiento, dentro de los que se cuentan el plan de ejecuciones y los principales aspectos normativos territoriales.

- **CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION ATMOSFERICA**

En su objetivo general nos brinda una gran variedad de datos obtenidos a través de las investigaciones que se han realizado por parte de los mismos y

que han arrojado importantes consideraciones acerca de los fenómenos que están afectando al planeta tierra esto nos sirve para tener una gran visión acerca de lo que está ocurriendo con el planeta en nuestros tiempos y lo que ha venido ocurriendo en toda la historia.

---

### **3 METODOLOGÍA**

Para el presente trabajo de grado, se describen las siguientes fases:

#### **3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ESTABLECER UNA LINEA BASE DEL PROYECTO**

En esta fase se procede a investigar acerca de toda la información primaria y secundaria disponible en cuanto a datos para análisis, como lo son:

- Datos de precipitación y de sedimentos de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM.
- Datos demográficos del área de influencia del proyecto.
- Modelo de Elevación Digital de Terreno (DEM) a 12.5 m de la cuenca del río Sevilla.
- Planes de ordenamiento, desarrollo y otros instrumentos de planificación del área de influencia del proyecto.

#### **3.2 REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA**

- Determinación de las características físicas de la cuenca tomando como base el DEM y analizándolo en el software ArcGIS.
- Establecimiento de los Caudales de la cuenca para los períodos de retorno de 2.5, 5, 10, 25, 50 y 100 años mediante modelos estadísticos.

#### **3.3 REALIZAR LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SEVILLA**

- Obtención del modelo en 1D del comportamiento de la cuenca ante las lluvias para cada uno de los períodos de retorno obtenidos, mediante la utilización del Software HEC RAS.

#### **3.4 PROPONER DE UNA ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO SEVILLA**

- Proponer una sección transversal del río Sevilla que permita el transporte del caudal de una lluvia con un período de retorno a 25 años.

- Comprobación del cumplimiento de la sección mediante la modelación en 1D en el Software HECRAS.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 4.1.1 Datos de precipitación y de sedimentos de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM.

Para la caracterización de la cuenca se utilizará el procesamiento de datos de algunas de las estaciones climatológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Las estaciones escogidas, fueron aquellas que estaban ubicadas dentro de la cuenca del río Sevilla, delimitada anteriormente por la Corporación Autónoma Regional del Magdalena. Las estaciones son las siguientes:

**Tabla 4. Estaciones Climatológicas del IDEAM en el área objeto de estudio.**

CÓDIGO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)	TIPO
29060070	San Pablo	10.808194	-74.026806	800	Pluviométrica
29067160	Pte Sevilla	10.798833	-74.028583	1000	Limnimétrica
29067030	San Pablo	10.816667	-74.033333	900	Limnimétrica
29060340	Palmor El	10.773444	-74.025639	1200	Pluviométrica
29067050	Canal Florida	10.758861	-74.106639	60	Limnimétrica
29060330	Playa La	10.761972	-74.120472	20	Pluviométrica
29060300	Sta Rosa	10.75	-74.116667	25	Pluviométrica
29065030	Prado Sevilla	10.764167	-74.154722	18	Climatológica Ordinaria
29060290	San Juan	10.766667	-74.166667	25	Pluviométrica

Los datos de estas estaciones fueron procesados por medio de un software desarrollado por el ingeniero Miguel Ángel Vanegas, en su tesis de Maestría para la Universidad Nacional de Colombia (Vanegas, 2011). Sin embargo, al realizar el análisis de los datos, se concluyó que para efectos de modelación se utilizarían los datos de Caudal de la estación Limnimétrica Canal Florida, puesto que esta se encuentra ubicada aguas abajo a la sección a intervenir.

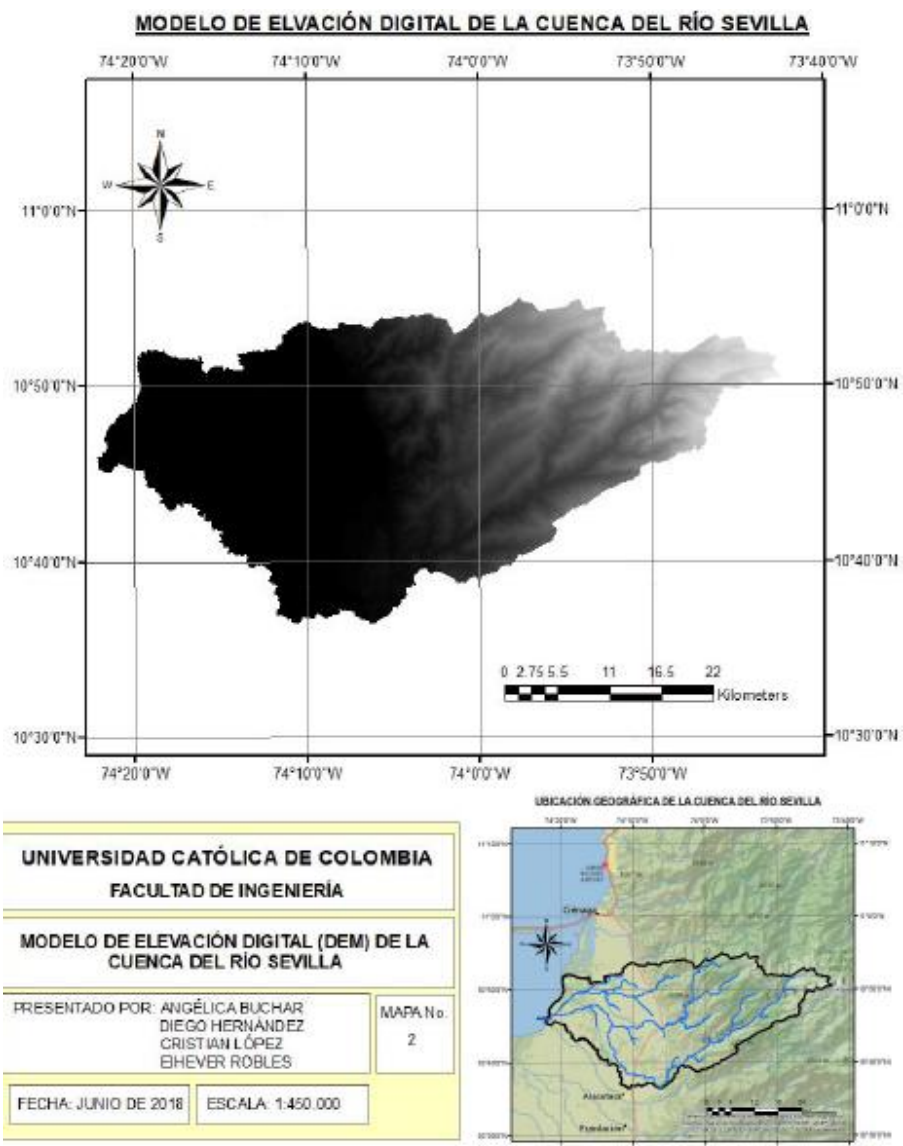
De lo anterior se obtuvieron los datos de caudal para los períodos de retorno de 2, 10, 25, 50 y 100 años, así como el caudal base del río, que luego será utilizados en la modelación.

#### 4.1.2 Datos demográficos del área de influencia del proyecto.

Los datos demográficos encontrados, ya han sido descritos en el Marco Demográfico del presente documento.

#### 4.1.3 Modelo de Elevación Digital de Terreno (DEM) a 12.5 de la cuenca del río Sevilla.

Este modelo ha sido tomado como base para realización de la caracterización morfológica de la cuenca en el software ArcGIS.



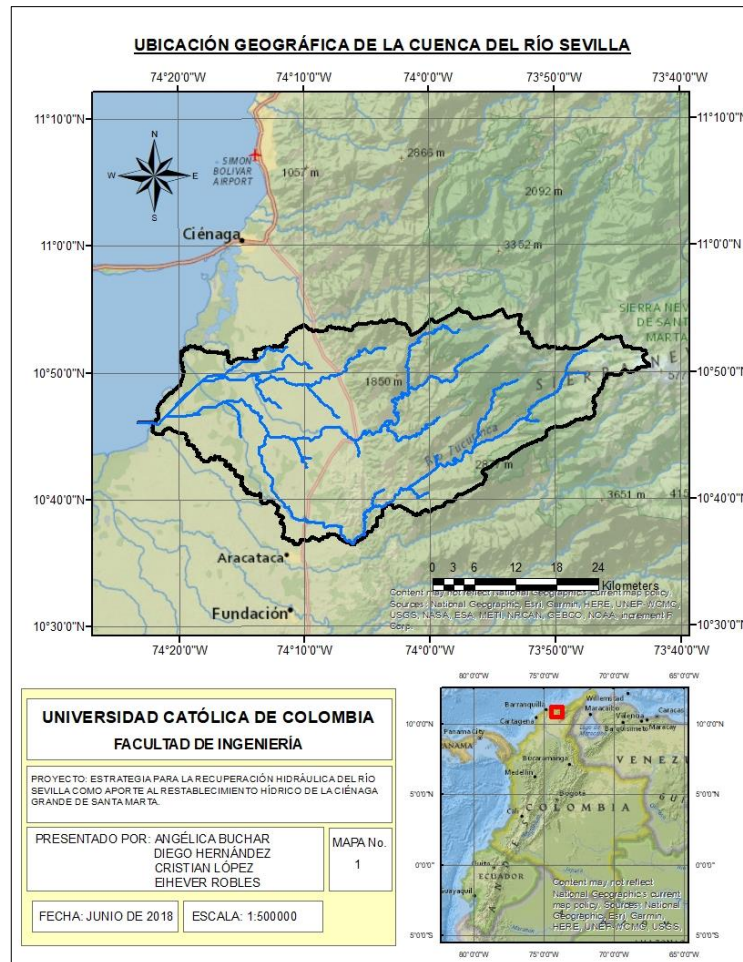
#### **4.1.4 Planes de ordenamiento, desarrollo y otros instrumentos de planificación del área de influencia del proyecto.**

Se hizo la recopilación de la información, sin embargo, en términos generales los municipios no incluyen la intervención del río Sevilla en sus documentos de planificación. La Corporación Autónoma Regional Del Magdalena-CORPAMAG, por el contrario, a otras entidades, contempla la recuperación de diferentes cuerpos de agua que aportan agua dulce a la CGSM y además se encuentra trabajando el POMCA del río Sevilla.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SEVILLA

### 4.2.1 Determinación de las características físicas de la cuenca tomando como base el DEM y analizándolo en el software ArcGIS.

#### 4.2.1.1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y RED DE DRENAJE



#### 4.2.2 Área de la cuenca (A)

Es de seguro el parámetro más importante para la determinación de sus parámetros.

La divisoria de la Cuenca Hidrográfica, se determina de la superficie interna del perímetro de la cuenca del río Sevilla, dibujado por un polígono cerrado en línea segmentada, a partir de la de la unión de puntos o cotas de mayor nivel sin contar vertientes y drenajes.

Siendo calculado digitalmente por el software ARCGIS.

$$\text{Área} = 1393,33 \text{ Km}^2$$



AREA (Km2)	NOMBRE
< 5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: Jimenez, Materón 1986

#### 4.2.3 Perímetro de la cuenca (P)

El Perímetro (P) se corresponde a la longitud del polígono que define los límites de la cuenca y depende de la superficie y forma de ésta.

La línea envolvente fue delimitada formando un polígono de líneas segmentadas por los niveles más altos del sistema sin cortar vertientes ni drenajes, se realizó con el software mencionado anteriormente.

El perímetro como línea envolvente del área, es cual es de 246,48 Km

#### 4.2.4 Longitud de la cuenca (Lc1)

La longitud de la cuenca de tercer orden correspondiente al río Sevilla es de 71,42 kms.

#### 4.2.5 Ancho Promedio de la Cuenca

Finalmente, el ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra W de forma que:

$$W = \frac{A}{Lc} \qquad W = \frac{1393,33 \text{ km}^2}{71,42 \text{ km}} = 19,5 \text{ km}$$

La cuenca del río Sevilla tiene un ancho máximo de 31,94 km, con un ensanchamiento medio de 19,5 km.

Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que esta cuenca cuenta con gran cantidad de pisos altitudinales y puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

#### **4.2.6 Factor de Forma de la cuenca (Kf)**

El factor de forma (adimensional) compara el límite de una cuenca normal con un ovoide en forma de pera, se relaciona directamente con la velocidad de las corrientes, el tiempo de concentración y los hidrogramas resultantes de una lluvia dada y se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$Kf = \frac{A}{L^2} = 0,273$$

Esto quiere decir que la cuenca es alargada y tiene una baja susceptibilidad a las avenidas

#### **4.2.7 Índice de Compacidad (Kc)**

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} = 1,85$$

Esta cuenca es oval redonda a rectangular, lo que nos dice que tiene una baja susceptibilidad a crecientes.

#### **4.2.8 Índice de Alargamiento (Ia)**

Este índice se obtiene relacionando la longitud más grande de la cuenca con el ancho mayor, en donde valores mayores de uno (1) indican cuencas alargadas.

$$Ia = \frac{\text{Longitud Maxima de la Cuenca}}{\text{Ancho Maximo de la Cuenca}} = \frac{71,42 \text{ Km}}{31,94} = 2,23$$

El índice de alargamiento para la cuenca Alta del río Sevilla de 2,23, indica una cuenca alargada, en consecuencia, presenta baja susceptibilidad a las avenidas (crecientes).

#### **4.2.9 Pendiente de la cuenca**

Es la variación de la inclinación de la cuenca, influye en el movimiento de las masas de suelo de la cuenca.

#### 4.2.10 Pendiente media de la cuenca

**Tabla 5. Pendiente Media de la Cuenca.**

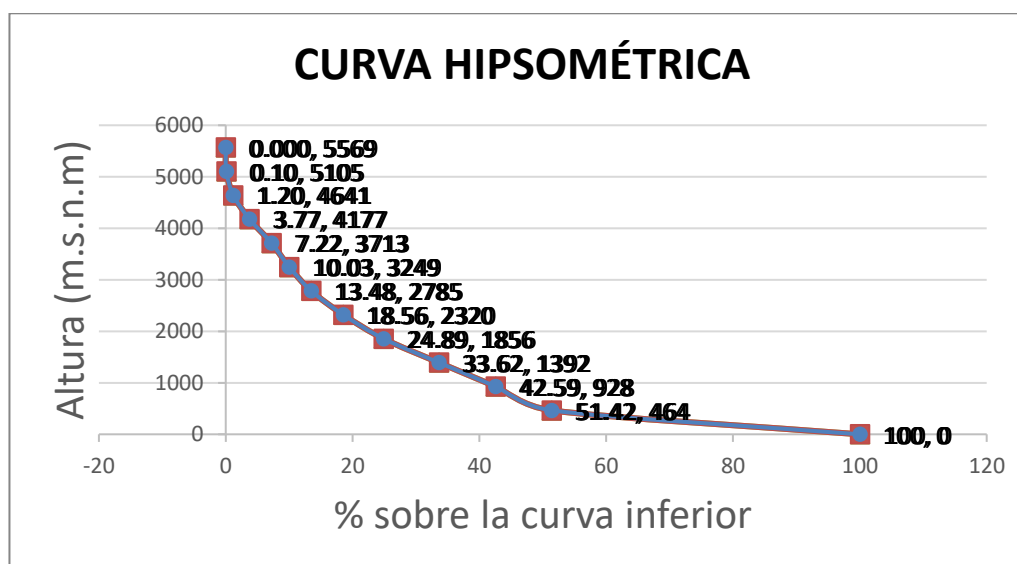
Nro	RANGO PENDIENTE (%)			Numero de Ocurrencias (2)	(1)x(2)
	Inferior	Superior	Promedio (1)		
1	0	10	5	7423647	37118235
2	10	20	15	1396162	20942430
3	20	30	25	84678	2116950
4	30	40	35	10236	358260
5	40	50	45	1925	86625
6	50	60	55	448	24640
7	60	70	65	106	6890
8	70	80	75	33	2475
9	80	90	85	4	340
10	90	100	95	2	190
			TOTAL	8917241	60657035

La cuenca tiene una pendiente media de 6,8% y el tipo de relieve es suave

#### 4.2.11 Factores de elevación

#### 4.2.12 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica relaciona gráficamente la distribución del relieve con respecto a la altura a lo largo de la cuenca, a partir del mapa topográfico, determinando el porcentaje de área comprendida entre diferentes alturas. Los resultados obtenidos para rangos de altura cada 464 metros en la cuenca del río Sevilla se resumen en la Tabla y Grafica.



**Ilustración 20. Curva Hipsométrica de la cuenca.**

De igual manera, a partir de los datos de porcentajes de áreas entre curvas de nivel se elaboró el histograma de alturas de la cuenca, observándose que el mayor porcentaje de área entre curvas de nivel para la cuenca del río Sevilla, se encuentra en la parte baja, entre las cotas 0 a 464 msnm, con cerca del 48,58% del área total de la cuenca.

#### 4.2.13 COEFICIENTE OROGRÁFICO

Este parámetro muestra el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye.

$$Co = \frac{h^2}{A} = \frac{2,72674km^2}{1393,33 km^2} = 0,0053$$

La cuenca tiene un coeficiente orográfico de 0,0053, por lo tanto, el relieve es poco accidentado propio de cuencas extensas y de baja pendiente.

#### 4.2.14 COEFICIENTE DE MASIVIDAD

Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie.

$$Km = \frac{\text{Altura media de la cuenca (msnm)}}{\text{Área de la cuenca (Km2)}} = \frac{2726,75 (msnm)}{1393,33 (Km2)}$$

$$Km = 1,95 \text{ msnm/Km2}$$

RANGOS DE Km	CLASE DE MASIVIDAD
0-35	Moderadamente montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Muy montañosa

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de Ecología, 2004

Lo anterior nos indica que la cuenca del río Sevilla está localizada en una zona moderadamente montañosa.

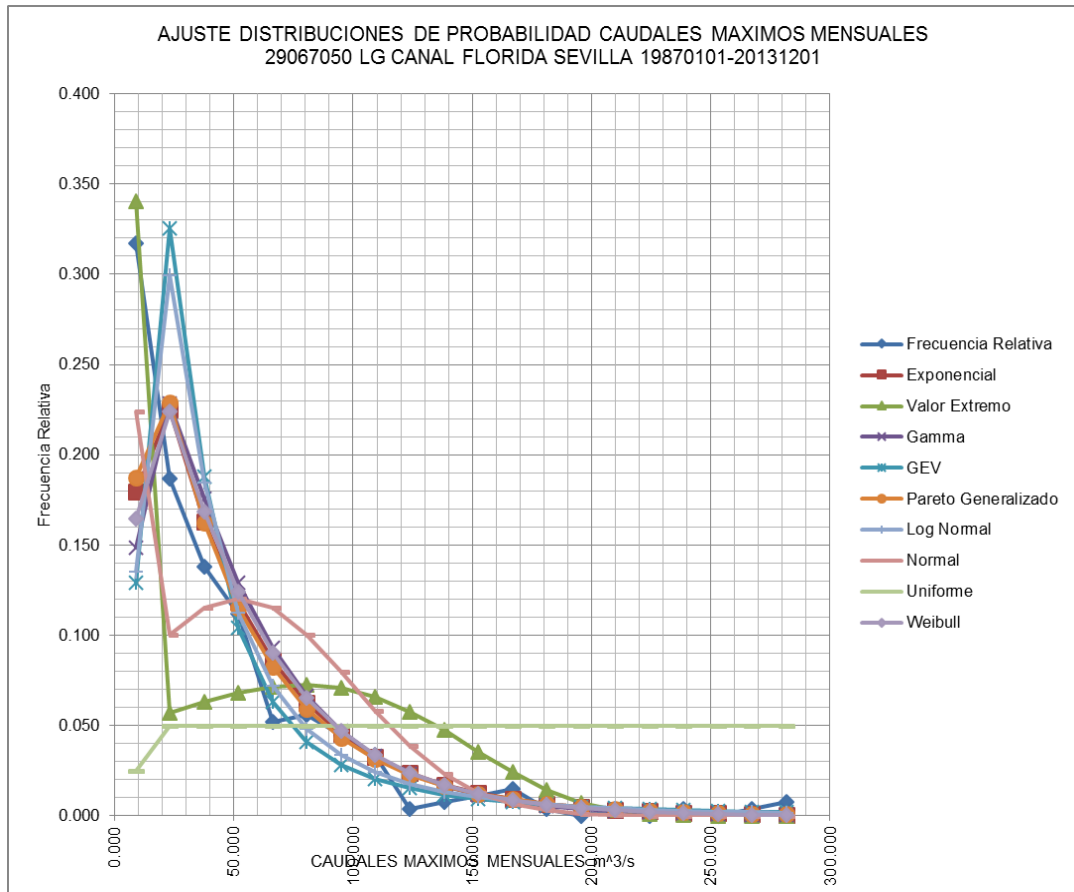
**4.2.15 Establecimiento de los Caudales de la cuenca para los períodos de retorno de 2.5, 5, 10, 25, 50 y 100 años mediante modelos estadísticos.**

Como se describió anteriormente, para el establecimiento de los caudales se analizaron los datos de Caudal de la estación Limnimétrica del IDEAM “Canal Florida”, obteniendo como resultado los siguientes valores, según cada una de las distribuciones de probabilidad, donde los caudales se encuentran en unidades de m<sup>3</sup>/s:

**Tabla 6. Valores para los Diferentes Períodos de Retorno.**

Valores Periodo de Retorno									
Periodos de Retorno	Exponencial	Valor Extremo	Gamma	GEV	Pareto Generalizado	Log Normal	Normal	Uniforme	Weibull
2.000	31.055	45.967	32.811	25.975	29.992	27.502	44.803	145.248	32.203
5.000	72.107	107.328	71.154	63.637	71.309	65.250	84.662	231.379	72.026
10.000	103.162	133.416	99.388	109.874	103.877	102.498	105.498	260.090	101.420
15.000	121.328	145.231	115.745	148.248	123.471	128.408	115.895	269.660	118.423
20.000	134.217	152.585	127.299	182.382	137.622	148.829	122.704	274.445	130.417
25.000	144.214	157.818	136.236	213.706	148.743	165.909	127.716	277.316	139.685
30.000	152.383	161.832	143.525	242.969	157.924	180.708	131.658	279.230	147.236
50.000	175.269	172.024	163.889	346.628	184.109	226.457	142.069	283.058	168.300
75.000	193.435	179.208	180.001	458.075	205.386	267.599	149.771	284.972	184.932
100.000	206.324	183.906	191.411	557.577	220.753	299.584	154.980	285.929	196.690

Luego de analizar el ajuste de la probabilidad de los datos obtenidos por las distribuciones estadísticas el software selecciona la distribución que más se asemeja a los datos, en este caso la de Pareto Generalizado, como se puede observar en la siguiente gráfica:



**Ilustración 21. Ajuste de Distribuciones de Probabilidades para Caudales Máximos Mensuales**

PERÍODO DE RETORNO (Años)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
<b>2</b>	29.992
<b>5</b>	71.309
<b>10</b>	103.877
<b>25</b>	148.743
<b>50</b>	184.109
<b>100</b>	220.753

**Ilustración 22. Caudales para los Periodos de Retorno por el Método Pareto.**

### **4.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA CUENCA**

#### **4.3.1 Obtención del modelo en 1D del comportamiento de la cuenca ante las lluvias para cada uno de los períodos de retorno obtenidos, mediante la utilización del Software HEC RAS.**

Para el presente trabajo en el cual se estudia un tramo de la parte baja del Río Sevilla en el Departamento del Magdalena, con el fin de obtener y proponer una sección de diseño que pueda aportar un caudal significativo de agua dulce a la Ciénaga Grande de Santa Marta, a través de la aplicación del Software HEC-RAS 4.1.0 y 5.0.3.

Este modelo utilizado en la investigación corresponde al HEC-RAS mencionado anteriormente, el cual, es un Software gratuito creado en Estados Unidos que fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada (US Army Corps Engineering), el que posee un variado producto de Software para la manipulación del recurso Hídrico.

Posteriormente, los resultados obtenidos de la modelación de cómo se comporta el perfil del tramo en estudio, así como la obtención de los parámetros Hidráulicos, la cual están sujetos al desarrollo del sector y de los eventos hidrometeorológicos, el cual impactan a las comunidades aledañas a este cuerpo de agua lo que lo asocia a una necesidad de contribuir a la gestión del riesgo implementando soluciones futuras para el bien de estas.

##### **4.3.1.1 Metodología.**

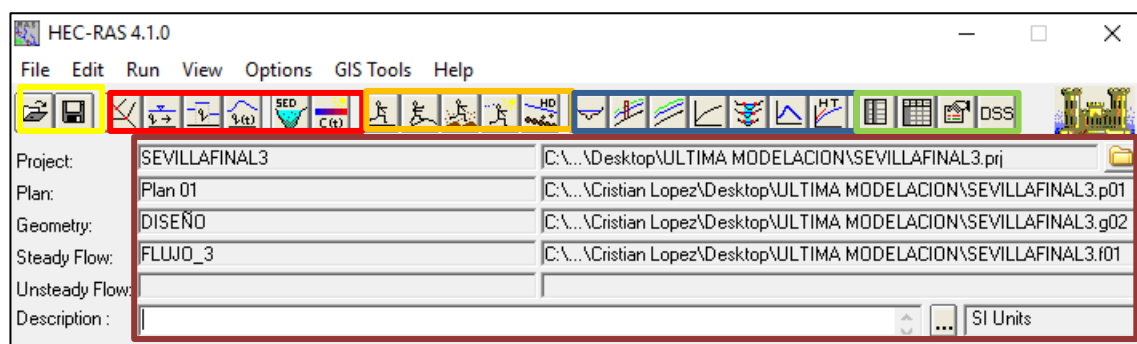
Para la aplicación del Software HEC-RAS, este se conforma por los siguientes pasos la cual son fundamentales para el desarrollo de la modelación:

HEC-RAS 4.1.0.

1. Obtención de la Información Topo-batimétrica del Sector en estudio en formato DWG.
2. Procesamiento del reporte de puntos de las secciones transversales del tramo comprendido Entre las Abscisas k7+951.94 y k17+086.63 (desde la c.g.s.m), y generar un archivo CSV delimitados por comas.

3. Importar los puntos al Software HEC-RAS 4.1.0; para realizar la obtención de las secciones transversales del cauce del río Sevilla en su parte baja.
4. Establecer condiciones de borde tales como, las condiciones aguas arriba, aguas abajo.
5. Correr el modelo bajo un plan según los datos ingresados al software y determinar el tiempo de la simulación.
6. Generar y plantear los resultados de las secciones bajo un evento hidráulico de los periodos de retornos propuestos.

***Ilustración 23. Descripción del Software HEC-RAS 4.0.1***



- Abrir y Guardar.
- Análisis de Resultados.
- Datos de entrada.
- Tabla de Resumen.
- Run modelo.
- Información de los datos ingresados.

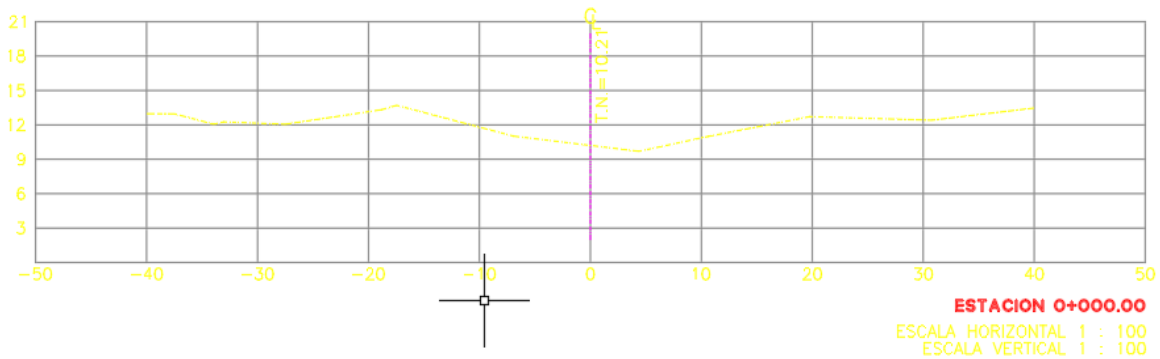
Ahora se explicará el proceso de modelación utilizado por medio del Software Hec-Ras 4.0.1, con régimen de flujo mixto, el cual está dominado por las ecuaciones de este tipo de modelos no permanente gradualmente variado.

- **Topo-Batimetría Formato AutoCAD.**

La Información topográfica es fundamental para la ejecución del modelo, ya que describe la superficie del terreno existen. Ésta puede ser generada a partir de secciones, puntos, curvas de nivel o modelos de elevación digital, después se procede a analizar el recorrido del río en la superficie y crear un alineamiento, lo que nos permite tomar decisiones e implementar cualquier cantidad de soluciones para las problemáticas presentadas y analizar que obras podremos construir.



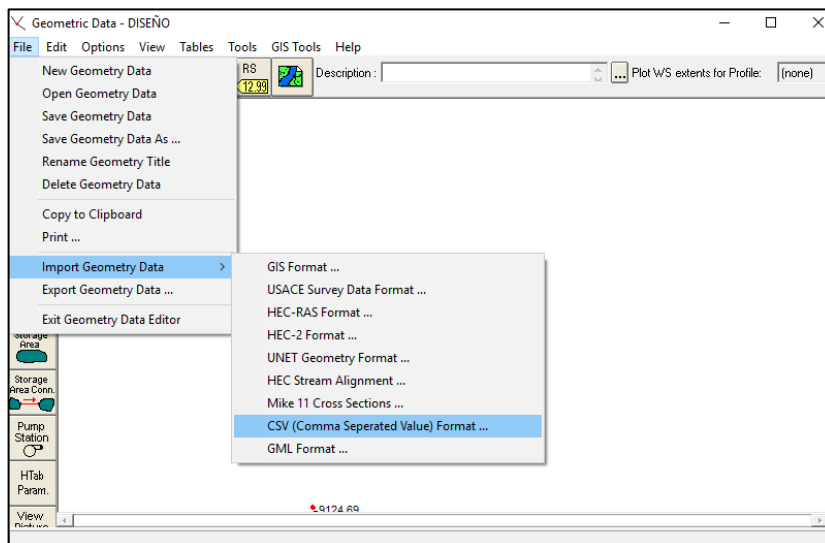
## Ilustración 24. Topo-batimetría de la sección K0+000.



- **Importación de la Geometría al Software HCE-RAS.**

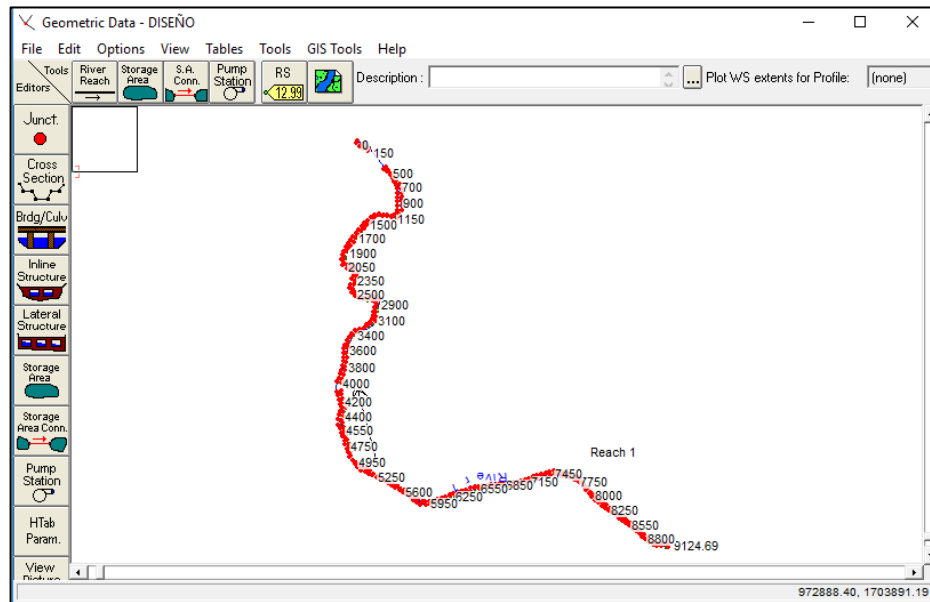
Antes de realizar la importación de los datos obtenidos estos deben estar Georreferenciados de acuerdo a la Ubicación y zona de la información obtenida. Para importar la información al HEC-RAS se debe ingresar a la pestaña de “Edit/Enter Geometric Data” después dar clic a la pestaña “File” y buscar “Import Geometry Data” y seleccionar “CSV (Comma Separated Value) Format...”, después saldrán varias pestañas desplegables donde se seleccionarán las características de la información que se va a importar.

## Ilustración 25. Descripción de importación de los datos de geometría.



Obteniendo como resultado las características del cauce del tramo del río en estudio.

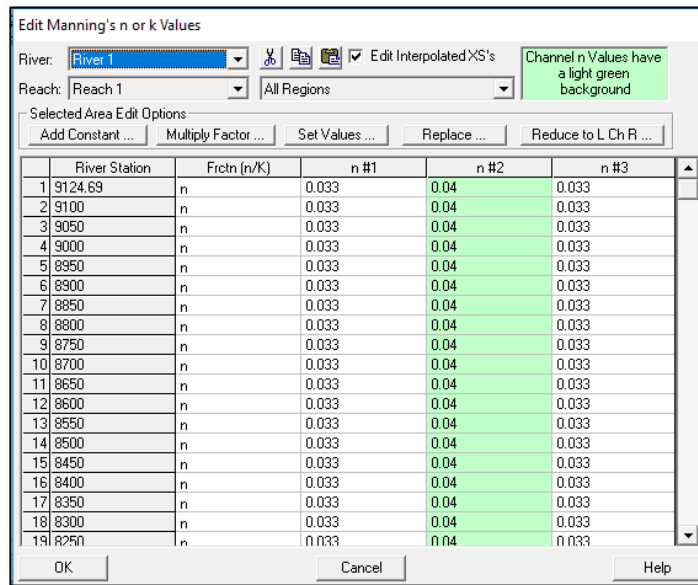
**Ilustración 26. Resultados de los Datos de la Geometría.**



- **Características del Terreno.**

En este paso se ingresa el coeficiente de Manning, el cual varía dependiendo de las características del terreno en el cauce del río, el lecho, la banca y/o llanura de inundación; el cual se conocen ya que los estudiantes de este estudio visitan mucho el sector, por actividades de inspección de su trabajo en la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (COAPAMAG).

## Ilustración 27. Datos del número Manning de la simulación del diseño.



Channel n Values have a light green background

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 9124.69	n	0.033	0.04	0.033
2 9100	n	0.033	0.04	0.033
3 9050	n	0.033	0.04	0.033
4 9000	n	0.033	0.04	0.033
5 8950	n	0.033	0.04	0.033
6 8900	n	0.033	0.04	0.033
7 8850	n	0.033	0.04	0.033
8 8800	n	0.033	0.04	0.033
9 8750	n	0.033	0.04	0.033
10 8700	n	0.033	0.04	0.033
11 8650	n	0.033	0.04	0.033
12 8600	n	0.033	0.04	0.033
13 8550	n	0.033	0.04	0.033
14 8500	n	0.033	0.04	0.033
15 8450	n	0.033	0.04	0.033
16 8400	n	0.033	0.04	0.033
17 8350	n	0.033	0.04	0.033
18 8300	n	0.033	0.04	0.033
19 8250	n	0.033	0.04	0.033

- **Determinación del Manning.**

La ecuación de Manning es el resultado de los procesos de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Por lo tanto, la estimación de  $n$  para un canal, implica el uso de tablas de valores, Chow presentó una tabla extensiva de valores de  $n$  para varios tipos de canales. En esta tabla se establecen valores mínimos normales y máximos para  $n$ , para cada tipo de canal.

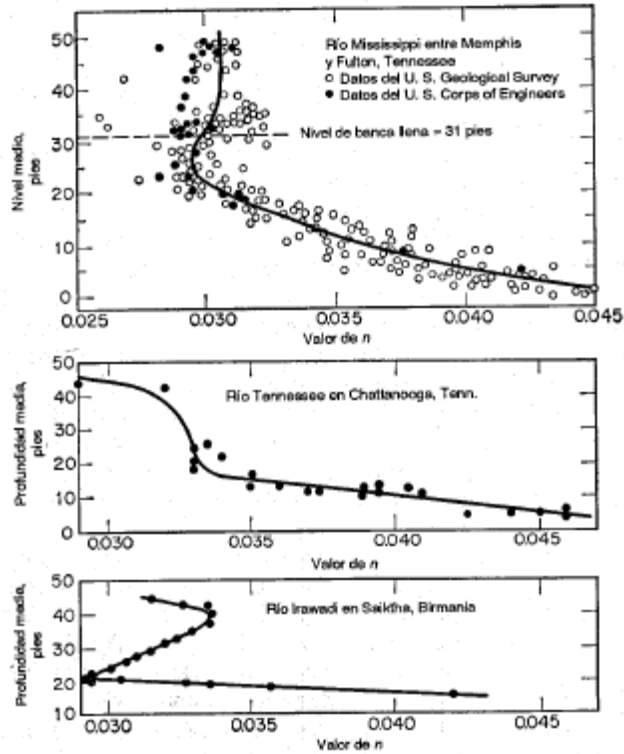
Para la determinación del coeficiente de rugosidad " $n$ " de Manning existen cuatro procedimientos generales: estimar el valor sobre la base del conocimiento de los factores que lo afectan; extraer el dato de tablas con valores típicos de " $n$ "; estimar " $n$ " en base a la similitud del caudal que se estudia con casos conocidos; y determinar el valor de " $n$ " mediante un proceso analítico sobre la base de la distribución teórica de las velocidades en la sección transversal del canal y de los datos de velocidad o medidas de rugosidad. En lo que sigue se describe la base teórica del segundo procedimiento que es el que se ha utilizado en esta investigación.

Para este proyecto nos basamos en el procedimiento que de la extracción de valores de " $n$ " Manning por tablas según el procedimiento de Ven Te Chow del Libro Hidráulica de Canales Abiertos el cual se basa en la dependencia de ciertos parámetros con el de seleccionar el " $n$ " apropiado para diferentes condiciones de

diseño, y el cual resulta muy útil cuando se conocimiento básico de estos factores los cuales se mencionan a continuación:

- **A. Rugosidad Superficial.** Esta representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. En nuestro caso como es un cuerpo de gua de corriente aluvial mantiene un material fino, con características de arena y limos lo cual genera un efecto menor que cuando el material es muy grueso como gravas y cantos rodados.
- **B. Vegetación.** La vegetación según Ven Te Chow se considera como clase de rugosidad superficial, el cual reduce la capacidad del canal y retarda el flujo, el cual, depende de la altura de las plantas, la densidad, la distribución y del tipo de vegetación, y es muy importante en el diseño de pequeños canales de drenaje. Para
- **C. Irregularidad del canal.** Las irregularidades del canal incluyen en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo del canal. En este caso del rio fundación el sector de estudio tenemos irregularidades muy bajas con ondas suaves y pequeños montículos en el lecho del canal.
- **D. Alineamiento del Canal.** Para este parámetro según Chow se indica que ríos de curvas suaves con radios grandes producirán valores de “n” relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos lo incrementarán.
- **E. Sedimentación y Socavación.** La sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el “n”, en tanto la socavación puede hacer lo contrario y e incrementar el “n”. Sin embrago, el efecto dominante de la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado. Para nuestro caso en el tramo a intervenir ya se conoce como un lecho de arena la sedimentación y la socavación se presentan de una forma uniforme a lo largo de su perímetro mojado.
- **F. Obstrucción.** La presencia de obstrucción de troncos, pilas de puentes y estructuras similares tienden a incrementar el “n”. en el caso del sector del río a intervenir nos damos cuenta que la obstrucción por estructura no existe, hay muy poca por árboles o troncos.
- **G. Tamaño y Forma del Canal.** Según Chow no existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de

“n”. Un incremento en el Radio Hidráulico puede aumentar o disminuir el “n”, según la condición del canal. A continuación, se presenta unas graficas de estudio donde se relacionan las variaciones del “n” con el nivel medio o la profundidad.



- **H. Nivel y Caudal.** En la mayor parte de las corrientes el valor de “n” disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua es poco profunda, las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados. En nuestro caso presentamos bancas suaves y regulares y nuestra pendiente de fondo es uniforme, el valor del “n” para nuestro caso será constante en todo el tramo a intervenir.
- **I. Cambio Estacional.** Debido al crecimiento estacional de las plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en las bancas, el valor de “n”, puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva.
- **J. Material en Suspensión y Carga de lecho.** El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del Canal.

Bajo estos parámetros en el libro de Ven Te Chow se presenta una lista de “n” para canales de diferentes clases. Para cada tipo de canal se muestran los valores mínimo, normal y máximo de “n”. Los valores normales para canales artificiales dado en la tabla se recomiendan sólo para canales con buen mantenimiento. Los números en negrillas son valores a menudo recomendados para diseño. Las tablas que se muestra a continuación muestran un “n” para canales con características diferentes:

Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad  $n$   
(las cifras en **negrillas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
a. Latón, liso	0.009	<b>0.010</b>	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	<b>0.024</b>	0.030
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	<b>0.010</b>	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	<b>0.013</b>	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	<b>0.014</b>	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	<b>0.013</b>	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad  $n$  (continuación)  
 (las cifras en **negritas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	<b>0.012</b>	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	<b>0.015</b>	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500

Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad  $n$  (continuación)  
 (las cifras en **negritas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
<i>a.</i> En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	<b>0.022</b>	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
<i>b.</i> En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
<i>c.</i> Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
<i>d.</i> Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
<i>e.</i> Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
<i>a.</i> Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	<b>0.030</b>	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150



Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad  $n$  (continuación)  
(las cifras en **negritas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<i>b.</i> Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	<b>0.040</b>	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	<b>0.050</b>	0.070
D-2. Planicies de inundación			
<i>a.</i> Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
<i>b.</i> Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
<i>c.</i> Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	<b>0.060</b>	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
<i>d.</i> Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de $n$ es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
<i>a.</i> Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	.....	0.060
<i>b.</i> Sección irregular y rugosa	0.035	.....	0.100

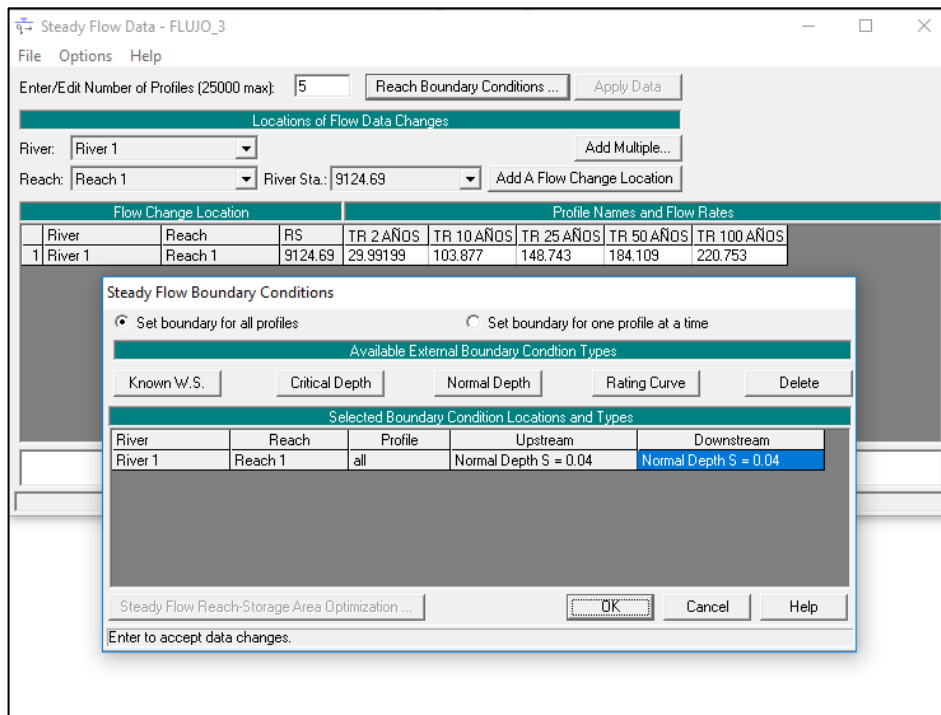
Para la rugosidad del tramo de estudio se estableció un valor de rugosidad según los valores definidos en el libro de Ven Te Chow (Hidráulica de Canales Abiertos, 1994), tomando los valores asociados a las características físicas actuales observadas en campo. El valor de rugosidad escogido para ambas márgenes del cauce fue de 0.033 y de 0.04 para el centro del canal, debido a la homogeneidad física (pendiente, vegetación y material característico) que se observa en ambos costados del cauce. Ven Te Chow Ph. D. 1959. *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santafé de Bogotá, Colombia. McGRAW-HILL, Interamericana S.A.

- **Determinación de la Condiciones de Frontera.**

Las condiciones de borde se separan en condiciones iniciales o de frontera y condiciones intermedias. Se entra a la Ventana de “*Steady Flow Data*”, y se edita el número de datos de caudales que deseamos ingresar según los periodos de retorno establecido por el diseño. Luego de este paso se establecen las “*Reach Boundary Conditions*”, y se selecciona “*Select Boundary Locations and Type*”, con el fin de analizar las condiciones aguas arriba “*Upstream*” y las aguas Abajo “*Downstream*”.

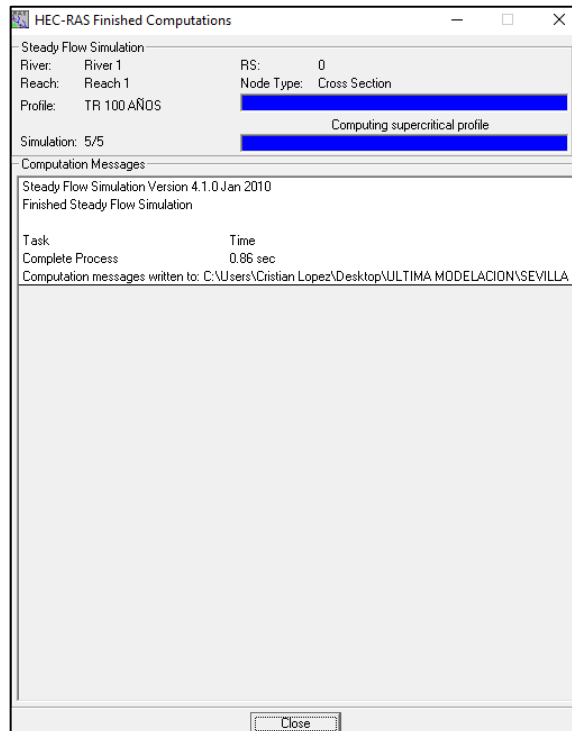
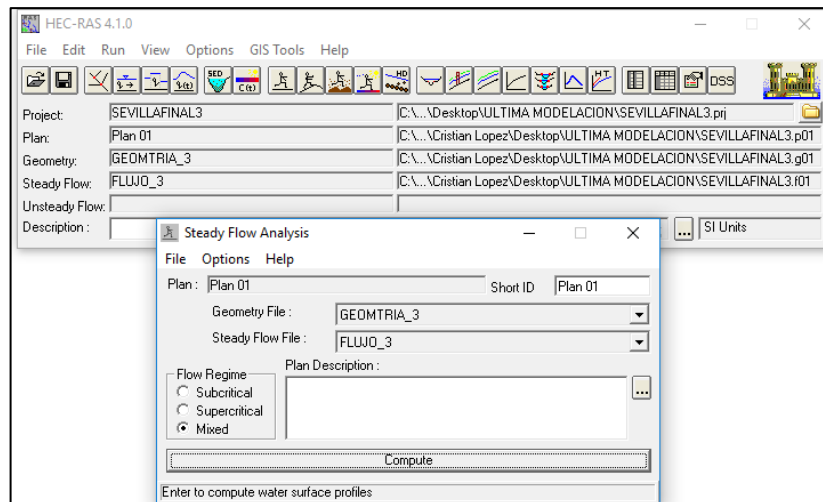
Se activan tres posibles condiciones: hidrógrafa de flujo, hidrógrafa de nivel e hidrógrafa de flujo–nivel, para la sección aguas abajo se pueden ingresar las tres opciones mencionadas, la curva de calibración o la profundidad normal (pendiente normal), finalmente, para las secciones intermedias se puede ingresar la hidrógrafa de flujo lateral, un flujo lateral uniforme o un aporte subterráneo. Para nuestra modelación trabajaremos con la condición de la pendiente normal para ambas condiciones de frontera, como se muestra en la siguiente imagen.

**Ilustración 28. Datos de Flujo del Diseño.**



- **Simulación del Modelo.**

Para correr el modelo, se debe contar como mínimo con un modelo de geometría, unos datos de caudales y unas condiciones de frontera. Después de obtener los datos a correr se selección en el “*Plan Description*”, y ahí se selecciona el régimen de Flujo “*Mixed*”, o sea Mixto, y luego se da compute para correr el modelo lo que nos arrojó lo siguiente:

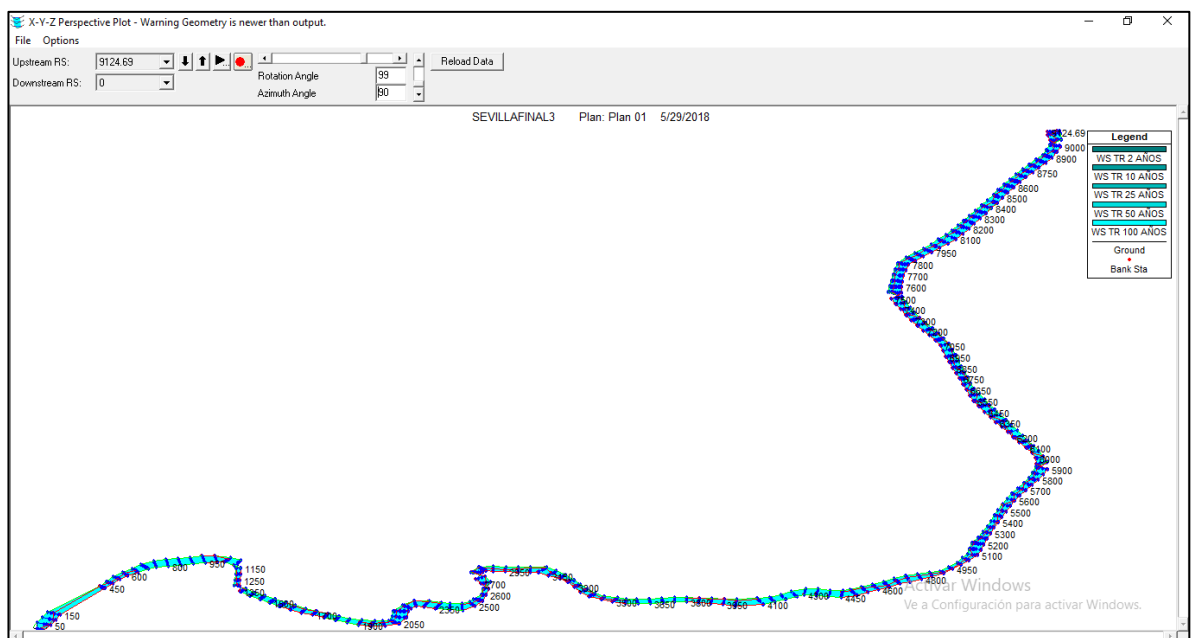


## Ilustración 29. Captura de pantalla de corrida del modelo

Esto nos indica que el modelo ha corrido exitosamente sin tener ningún tipo de errores en la introducción de los datos seleccionados.

- **Resultados.**

Para el analizar los resultados, el modelo permite visualizar el evento simulado en 2D y 3D, estas aplicaciones se presentan en la pestaña inicial y permiten visualizar las secciones transversales con su respectiva altura de flujo, el perfil del río y una vista en 3D de las secciones como se muestra en la siguiente Figura:



## Ilustración 30. Vista en 3D de la modelación del Flujo

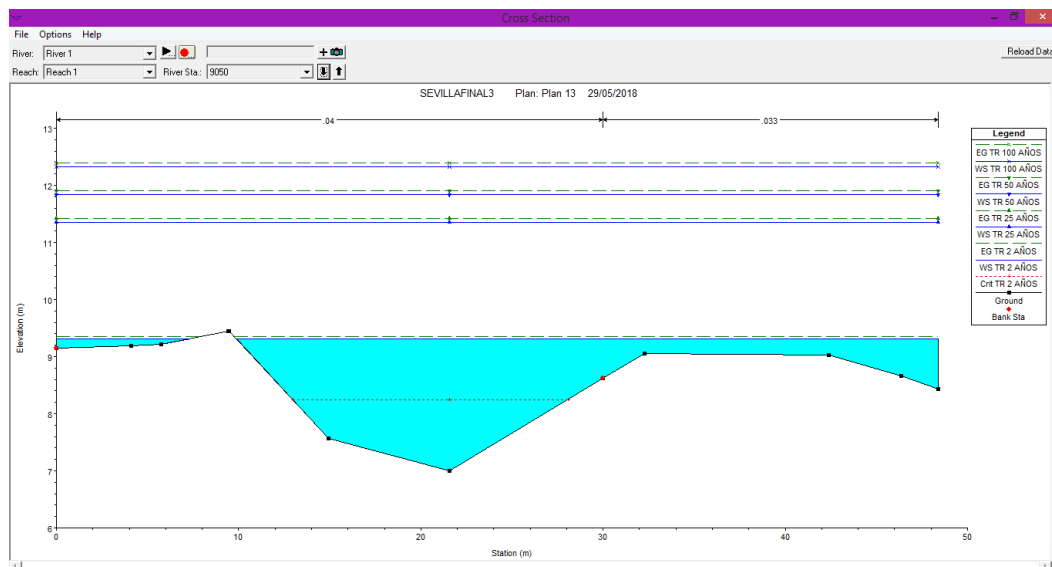
- **Simulación Hidráulica en Condiciones Actuales.**

A partir de la descripción de los resultados, puede resumirse que en términos hidráulicos:

- Las secciones transversales del río muestran que a través de los años se ha originado una sedimentación acumulada, que ha comprometido severamente la capacidad hidráulica de conducción.

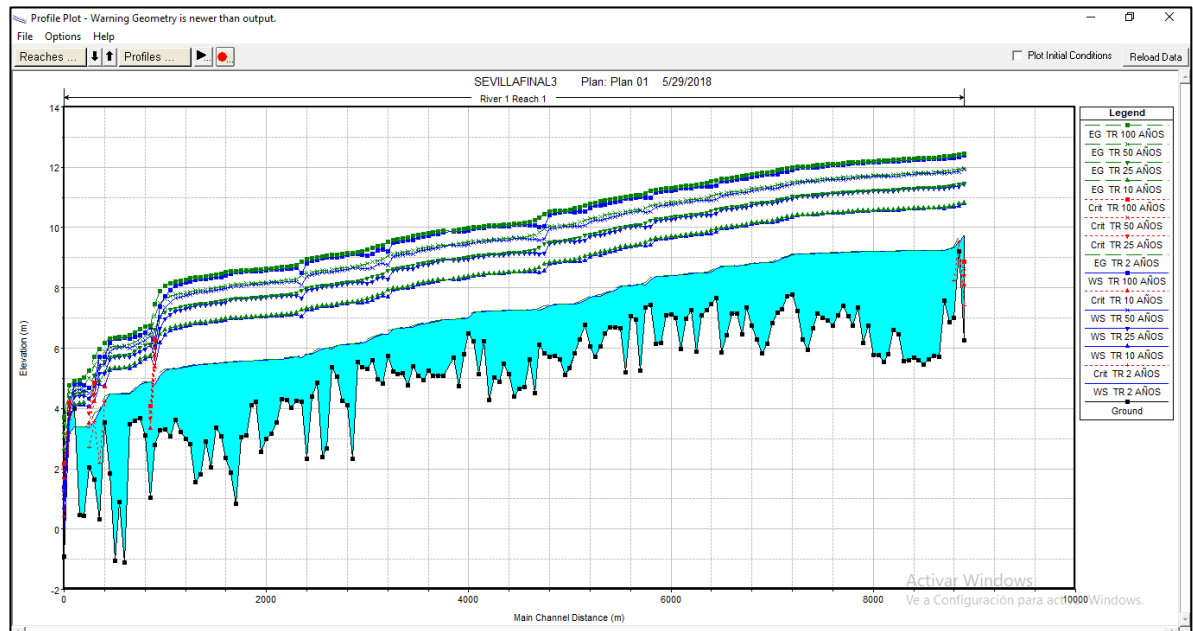
- La sedimentación natural presente en el lecho del río, también origina aumento de las velocidades del agua en determinados sectores, que obliga al río a desviar el cauce e inundando zonas en toda el área de influencia.
- Para las crecientes con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años el río en las condiciones actuales no tiene capacidad hidráulica de evacuar las aguas, por lo que no permite introducir el caudal necesario al Complejo Lagunar de la Ciénega Grande de Santa Marta, (C.G.S.M.).

### Ilustración 31. Resultado del diseño para el terreno existente.



En la parte superior derecha de la ilustración anterior se puede observar las convenciones del modelo. WS hace referencia a Water Surface, lo que en español traduce a “superficie del agua” para cada uno de los períodos de retorno. En ese sentido se puede notar que incluso para un período de retorno de 2 años en la abscisa K9+050, el agua se desborda y no es canalizada hacia la CGSM, gracias a la alta sedimentación del río en este tramo.

### Ilustración 32. Perfil de la simulación del terreno existente.



Como se puede observar en la ilustración anterior la sedimentación ha afectado incluso la pendiente del río pues en el perfil longitudinal también muestra acumulaciones de sedimento.

Por lo anterior, se permite recrear en el software la situación hidráulica actual del río Sevilla.

- **Descripción de los Caudales del Modelo para el sector del Río Sevilla.**

Para el tránsito de caudales se consideran varios periodos de retornos, obtenidos del Estudio.

#### 4.4 ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO SEVILLA

##### 4.4.1 Sección transversal del río Sevilla para el transporte del caudal de una lluvia con un período de retorno a 25 años.

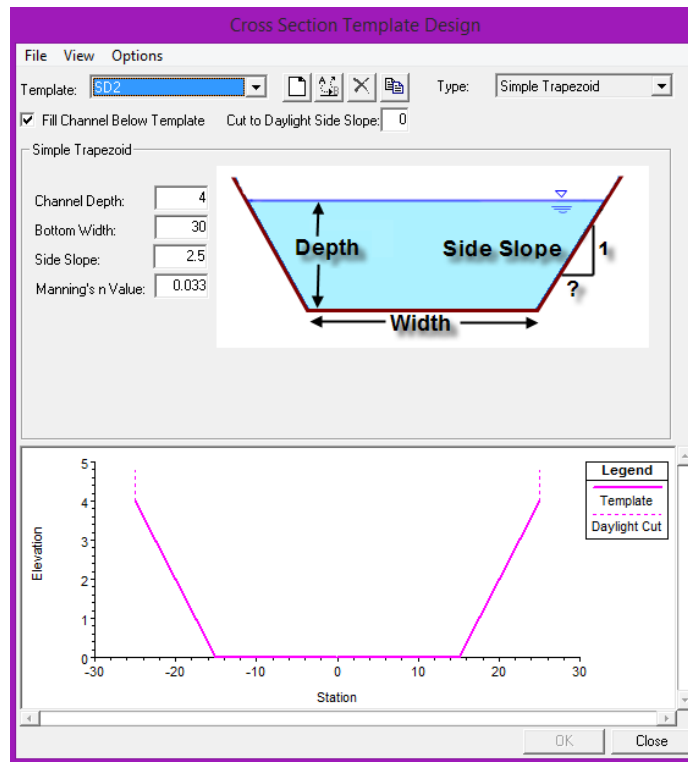
- **Selección de Sección Óptima.**

Luego de realizar una visita técnica a la zona de estudio y de realizar una serie de preguntas a la comunidad, se encontró que la sección normal del río lleva 30 m de solera

aproximadamente, por lo que para el presente estudio se propuso la siguiente sección transversal:

### **Abscisas K0+000-K1+500**

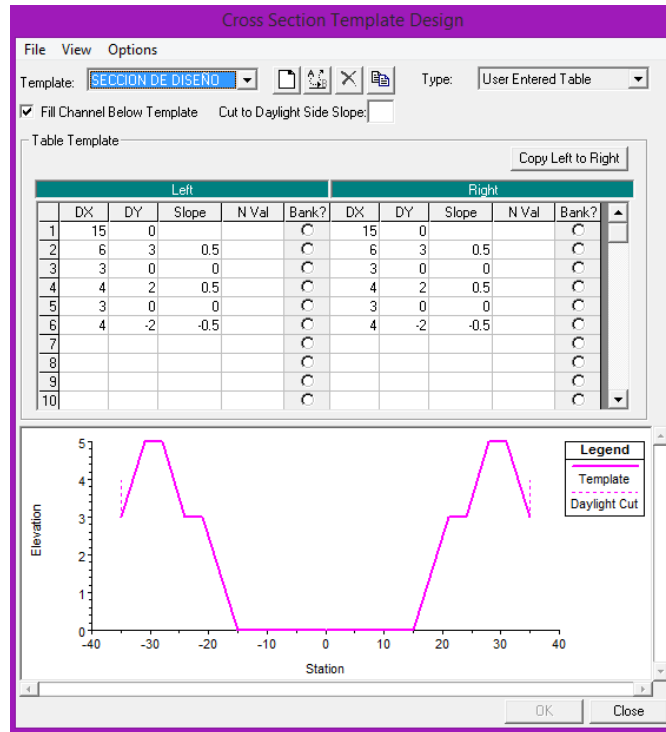
Por su cercanía a la CGSM, en este sector no se considera la construcción de terraplenes, ya que puede afectar al ecosistema de Manglar como lo ha venido diciendo el INVEMAR en cada uno de sus informes del Monitoreo de la CGSM, como se muestra a continuación:



**Ilustración 33. Sección Transversal de Diseño. Abscisas K0+000-K1+500.**

### **Abscisas K1+550-K9+050**

Para este tramo, se considera la misma sección anterior, sin embargo se le agrega un terraplén de 2 metros, evitando inundaciones en las poblaciones y predios aledaños, como se observa en la imagen a continuación.

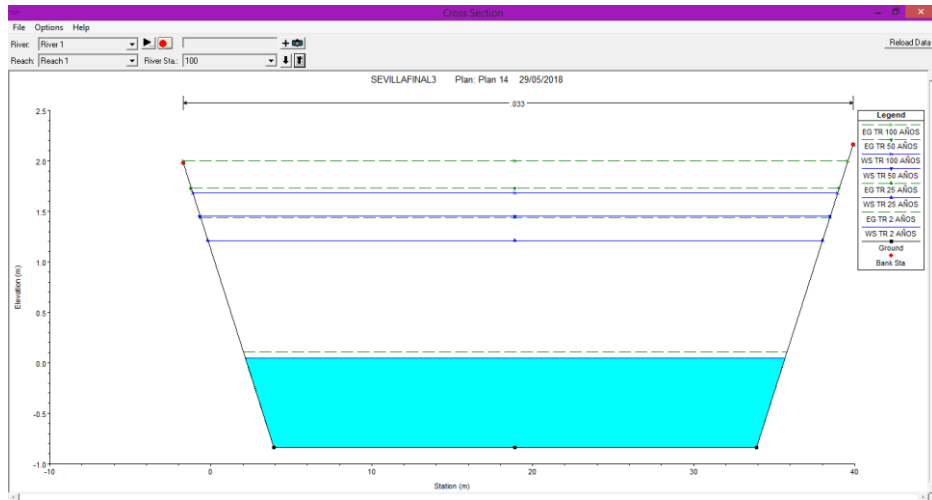


**Ilustración 34. Sección Transversal de Diseño. Abscisas K1+550-K9+050.**

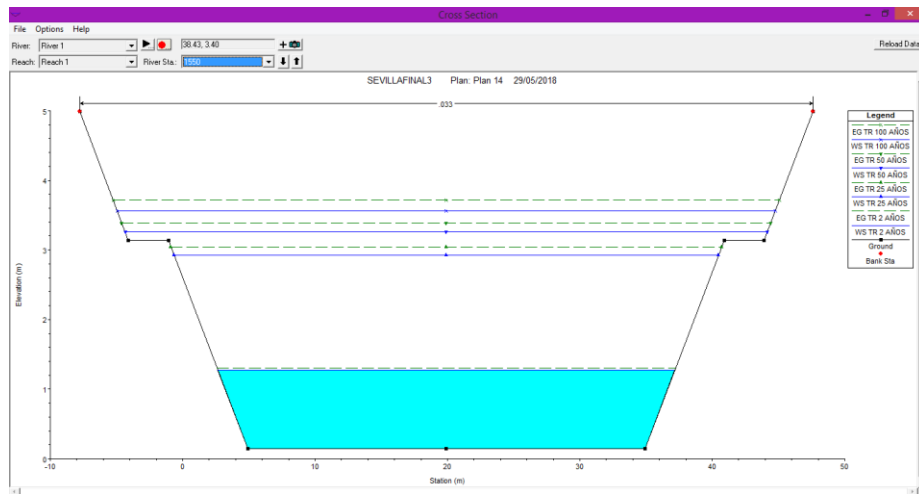
#### **4.4.2 Comprobación del cumplimiento de la sección mediante la modelación en 1D en el Software HECRAS.**

Se corrió el programa colocando las secciones propuestas a lo largo de la topografía. Otra modificación que se tuvo en cuenta fue la pendiente, se propuso nivelar la pendiente para propiciar el flujo libre del caudal a lo largo del tramo del río. A continuación, se muestran algunas de las secciones transversales resultado de la modelación:

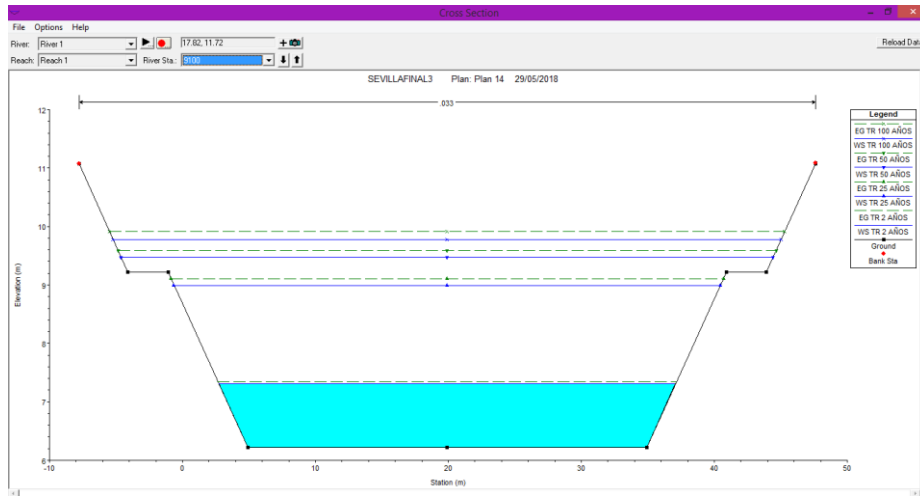




**Ilustración 35. Sección Transversal K0+100. Modelada.**

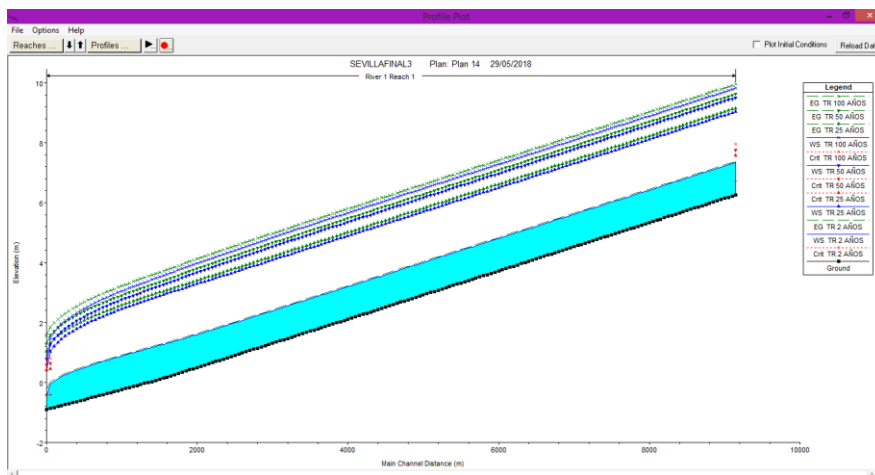


**Ilustración 36. Sección Transversal K1+550. Modelada.**



**Ilustración 37. Sección Transversal K9+100. Modelada.**

Las convenciones señaladas en el lado superior derecho de las ilustraciones anteriores, demuestran que la superficie del agua (WS=Water Surface), para cada uno de los períodos de retorno, se encuentran por debajo del límite superior de las secciones transversales propuestas y por consiguiente, logran canalizar el caudal hacia la CGSM, aumentando el aporte de agua dulce al sistema.



**Ilustración 38. Perfil Longitudinal de Diseño.**

## **5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN**

Para lograr la sección transversal propuesta, se plantea la intervención mediante la formulación de un Proyecto que considere como actividad principal el dragado mecánico, sin embargo, debe considerar, además las actividades de:

- **Movilización y Desmovilización:** Ya que se debe considerar que la obra se encuentra en un lugar de difícil acceso y la mayoría de posibles contratistas no tienen sede en el municipio de Zona Bananera. Se considera la Movilización desde y hacia el Distrito de Barranquilla.
- **Trazado y Replanteo Topográfico:** Considerando que, por efectos ambientales y climatológicos, las condiciones topográficas del terreno podrían tener variaciones al momento de la ejecución del proyecto.
- **Conformación de Terraplenes:** Que incluye la compactación al 95%.

### **5.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS ACTIVIDADES:**

#### **5.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN**

##### **Descripción y Trabajo a Ejecutar**

Consiste en toda la logística para transportar toda la maquinaria y equipos necesarios para desarrollar las actividades del objeto de la presente Licitación.

Esta actividad comprende los costos de transporte y actividades en que incurrirá el Ejecutor del proyecto, para su instalación en el sitio de las obras, así como el transporte y costos para colocar y retirar la maquinaria y equipo requerido para la realización de los trabajos en los sitios del proyecto. La maquinaria y equipo incluido en este ítem corresponden a aquellos autónomos pesados que por sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas, abiertas al público.

El ejecutor deberá incluir en el precio unitario de dragado mecánico e hidráulico, los precios por concepto del cargue y descargue, transporte, seguros, derechos de aduana o importación temporal y todos los demás costos que puedan causarse para colocar su maquinaria y equipo e instalaciones en los sitios del proyecto y todos los costos necesarios para la iniciación de las labores, movilización de personal al sitio y dentro de la obra.

Así mismo, el costo de las posibles movilizaciones internas en cualquier dirección en la zona de trabajo, como resultado de la secuencia de cualquiera de los trabajos definidos por La entidad contratante y entregados a la Supervisor designado.

El procedimiento para el traslado de la maquinaria y el equipo al sitio de la obra, movilización interna en cualquier dirección en la zona de trabajo y retiro de la misma, se puede realizar por vía fluvial y terrestre.

### **Maquinaria y Equipo**

Para la ejecución del trabajo, el ejecutor del proyecto deberá contar con toda la maquinaria y equipos necesarios que garanticen la correcta y oportuna disponibilidad de los mismos en la zona de trabajo, utilizando el sistema de transporte más conveniente y seguro.

### **Controles**

En el transporte de la maquinaria por vía fluvial se debe revisar el galibo disponible en el cruce por los puentes para tener la seguridad de libre paso. Así mismo, tener todos los controles necesarios en el cargue y descargue de la maquinaria en el bote de transporte para minimizar los riesgos de accidentes y debe dar cumplimiento a la normatividad en materia de transporte fluvial para el tipo de maquinaria y equipo.

La actividad de movilización y desmovilización de la maquinaria debe cumplir con la normatividad vigente para el transporte terrestre de cargas indivisibles, extra-pesadas, extra-dimensionadas y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.

Para que sea reconocida la presencia de cualquier máquina y equipo en el sitio de la obra, este debe estar en perfectas condiciones de operación y realizando labores inherentes al proyecto debidamente aprobadas por el Supervisión del proyecto.

## **5.3 REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO**

### **5.3.1 Descripción y Trabajo a ejecutar**

El replanteo y control topográfico de las obras consiste en la ubicación, nivelación y control topográfico y topo-batimétrico permanente de las obras por ejecutar, siguiendo las

referencias del proyecto suministrado, de tal manera que ocupen la posición indicada con relación a las obras existentes y los accidentes topográficos.

Para efectos del replanteo, se debe tomar como referencia inicial las coordenadas y cotas de las áreas que se encuentren determinadas con anterioridad. A partir de esta ubicación, las obras se replantearán de acuerdo al diseño definitivo del proyecto.

En estos trabajos de replanteo se incluyen las secciones batimétricas que debe levantar el ejecutor del proyecto, a todo lo largo de la obra de dragado, espaciadas de acuerdo a las secciones indicadas en los planos del proyecto y que servirán para efectos de medida y pago del ítem. Además, se incluyen los trabajos que tendrá que ejecutar en tierra para el control del abscisado y el posicionamiento de los equipos de dragado.

Así mismo, el ejecutor deberá mantener miras o limnímetros en sitios convenientes, una al inicio del primer eje de un tramo de dragado y las restantes donde las solicite la supervisión designada, para establecer el nivel de agua en cualquier momento con relación al Datum del proyecto. En caso que esa norma se omita, la Supervisión designada suspenderá el dragado hasta que las miras se instalen convenientemente.

El Ejecutor del Proyecto debe mantener en su organización el equipo personal técnico necesario para el replanteo y referenciación permanente de las obras y para las lecturas de limnímetros según lo establecido en esta especificación.

La localización y acotamiento del proyecto se deberá apoyar en los sistemas planimétricos y altimétricos indicados en los planos del proyecto que deben ser suministrados. El ejecutor del proyecto deberá establecer y mantener en buen estado todas las referencias topográficas, estacas, marcas, boyas de referenciación que sean requeridas para la localización de los ejes del proyecto, para la adecuada ejecución de los trabajos de dragado, y debe restituir las que se dañen en el curso de las obras. La Supervisión del Proyecto entregará al ejecutor, en cercanías de cada tramo de dragado, los puntos necesarios materializados en el terreno a partir de los cuales podrá iniciar el replanteo de las obras por ejecutar.

La localización, replanteo y la nivelación de las líneas y puntos secundarios serán hechas por el ejecutor del proyecto de acuerdo con los planos de construcción. Todas las líneas y nivelaciones estarán sujetas a la revisión de la Entidad Contratante, pero tal revisión no

relevará al Ejecutor del proyecto de su responsabilidad por la exactitud de tales líneas y niveles.

Las observaciones y los cálculos adelantados por el ejecutor se registrarán en carteras adecuadas, de las cuales se debe enviar respectiva copia a la Entidad Contratante tanto en medio físico como digital; incluyendo los planos, secciones y cuadros explicativos.

Los planos deberán indicar la localización precisa de las interferencias según la verificación realizada por el ejecutor del proyecto, así como la localización planimétrica y el perfil de las obras, según el caso. La Entidad Contratante podrá reglamentar la forma de llevar las carteras y de hacer los cómputos y el dibujo.

### **5.3.2 Tolerancia y Entrega de Información**

La red básica de puntos topográficos debe ser complementada por el Ejecutor del Proyecto en aquellos sectores donde la densidad de puntos sea insuficiente. Para ello debe disponer como mínimo de una estación total y Ecosonda que permita mantener los errores de localización dentro de los rangos indicados a continuación: El máximo error de cierre admisible para poligonales o triangulaciones de los levantamientos de replanteo del eje del canal será mínimo de  $1:2.500$  en distancia y  $e:10N$  en ángulo expresado en segundos, siendo "N" el número de vértices de la poligonal. El máximo error de cierre para las poligonales de los levantamientos de replanteo del eje del canal y estructuras será mínimo de  $1:2500$  en distancia y  $e=10N$ , en ángulo, expresado en segundos, siendo "N" el número de vértices de la poligonal. El máximo error de cierre en las nivelaciones para el control de las excavaciones expresado en milímetros será de  $50K$ , siendo "K" la longitud en kilómetros de las líneas de nivelación. Bajo ninguna circunstancia se permitirá utilizar equipo con sistema de posicionamiento global como instrumento de nivel. En la localización de los puntos para sondeos el error máximo admisible es de  $\pm 0.80$  m.

#### **5.4 DRAGADO HIDRÁULICO (INCLUYE LA DISPOSICIÓN DEL SEDIMENTO POR EL SISTEMA JET-SPRAY)**

La actividad de dragado consiste en la remoción, transporte y descarga de material del fondo de áreas acuáticas, utilizando para ello ya sea el método de Dragado Mecánico (aquel que hace remoción de sedimentos con equipo tipo Retroexcavadora dentro del cauce de canales, caños, ríos, lagunas), o el Dragado Hidráulico (aquel ejecutado con una draga tipo cortadora de succión).

##### **5.4.1 Descripción y Trabajo a Ejecutar**

La obra plantea la necesidad de dragar unos dos kilómetros en el cauce del río Sevilla, medidos desde la intersección del Río Sevilla con el Río Frío. Debido a las condiciones ambientales de este sector, es imperativo el uso de una draga de succión que corte el sedimento depositado en el fondo y los deposite a los lados del cauce, utilizando para ello un aspersor o Jet-spray. El dragado hidráulico, se realizará una vez sean localizadas y conformadas las zonas de disposición previa aprobación de la Supervisión del Proyecto y la Entidad Contratante.

El Ejecutor del Proyecto deberá presentar periódicamente a la Supervisión Designada, para su aprobación, el programa y plan específico de dragado y disposición por frentes, en el que se optimice la utilización de las zonas de depósito y las distancias de transporte, y se asegure en todo momento la imposibilidad de inundaciones en la planicie adyacente a las obras, ante un evento de creciente. Este plan debe incluir la distribución de las diferentes celdas de disposición, con las cantidades de obra definitivas resultantes del levantamiento topográfico detallado que deberá realizar, y con las áreas de disposición disponibles finalmente recibidas.

##### **5.4.2 Disposición de materiales**

De acuerdo con lo indicado y ordenado por la Supervisión Designada y de la Entidad Contratante, con el Programa de Manejo Ambiental, el material extraído producto del dragado deberá disponerse a los lados del cauce en forma de lluvia utilizando para ello un sistema de aspersion o Jet-spray y. La Supervisión Designada no reconocerá al Ejecutor del Proyecto volúmenes dragados cuando estos no se depositen den las condiciones solicitadas.

En los casos que considere la Supervisión Designada, El Ejecutor del Proyecto podrá disponer los sedimentos dragados, hasta una distancia de 400 metros medidos en línea recta entre el centro de gravedad de la draga y la descarga, utilizando para ello un sistema de bombeo. El transporte de este material dragado se hará a lo largo de tuberías flotantes y de tierra. El Ejecutor del Proyecto deberá disponer de suficiente cantidad de ambas, para cambiar de zonas de disposición cuando sea necesario. Cualquier material que deposite El Ejecutor del Proyecto fuera de las zonas indicadas, ordenadas o aceptadas por la Supervisión Designada deberá ser removido por aquel a su costa, si éste último se lo exigiera. Si El Ejecutor del Proyecto se negara o demorase en hacerlo, la Entidad Contratante podrá retirarlo y deducir el costo de este trabajo de las sumas que se adeudaran o se le pudieran adeudar al Ejecutor del Proyecto. (CORPAMAG, 2014)

Para el dragado hidráulico en donde la maquinaria empleada sea una draga tipo cortadora de succión, se admitirán las siguientes tolerancias:

#### **5.4.3 Tolerancia**

**Tolerancia horizontal:** La sección dragada no deberá diferir en más de 1.50 m de la sección de diseño.

**Tolerancia vertical:** Las cotas finales del fondo no deberán diferir en más de 50 centímetros de las del proyecto.

### **5.5 DRAGADO MECÁNICO (INCLUYE EXPLANACIÓN)**

#### **5.5.1 Descripción y Trabajo a Ejecutar**

La actividad consiste en la remoción de materiales del fondo del Rio Sevilla, utilizando para ello el sistema de Dragado Mecánico (aquel que hace remoción de sedimentos con equipo tipo Retroexcavadora brazo largo dentro del cauce de canales, caños, ríos y lagunas), con disposición marginal y explanación.

El Dragado mecánico de sedimentos que Incluye explanación, contempla el suministro de todos los recursos necesarios, tales como mano de obra, transporte y maquinaria, para la ejecución de la extracción de materiales y explanación de los mismos.



No tendrán pago por aparte las actividades a ejecutarse para la correcta disposición de los lodos, la conformación de piscinas de disposición, la conformación de vías internas provisionales, construcción de estructuras de desagüe, ni ninguna actividad anexa a la correcta ejecución de las obras.

El Ejecutor del Proyecto deberá presentar periódicamente a la Supervisión Designada, para su aprobación, el programa y plan específico de dragado y disposición de los materiales por frentes, en el que se optimice la utilización de las zonas marginales de depósito y las distancias de transporte, y se asegure en todo momento la imposibilidad de inundaciones en la planicie adyacente a las obras, ante un evento de creciente. Este plan debe incluir la distribución de las diferentes celdas de disposición, con las cantidades de obra definitivas resultantes del levantamiento topográfico detallado que deberá realizar, y con las áreas de disposición disponibles finalmente recibidas.

El Ejecutor del Proyecto deberá reconstruir a su costa tan pronto lo ordene la Entidad Contratante y de acuerdo con las especificaciones pertinentes, todas las estructuras que dañe por descuido en sus operaciones o por causa de su trabajo.

El Ejecutor del Proyecto deberá llevar registros diarios de producción de los equipos, los cuales deberán estar a disposición de la Supervisión Designada cuando esta lo solicite. (CORPAMAG, 2014)

### **5.5.2 Disposición de materiales**

De acuerdo con lo indicado y ordenado por la Supervisión Designada y la Entidad Contratante, en observancia con el Programa de Manejo Ambiental, el material extraído producto del dragado mecánico será transportado y colocado marginalmente donde requiera la construcción de diques acorde a los lineamientos del diseño, estos materiales una vez dispuestos serán debidamente explanados.

El Ejecutor del Proyecto está obligado a dejar el material debidamente nivelado mediante el empleo de Buldócer, sin sobre costo hasta una distancia no mayor de 100 metros medidos en línea recta entre el centro de gravedad del equipo y la zona de depósito.

El material sobrante o de exceso producto del dragado mecánico se deberá ser explanado en una longitud de por lo menos 100 metros mientras lo permita el terreno. El Ejecutor del

Proyecto deberá disponer hasta una distancia no mayor de 500 mts. Cualquier material que deposite el Ejecutor del Proyecto fuera de las zonas indicadas, ordenadas o aceptadas por Supervisión Designada deberá ser removido por aquel a su costa, si éste último se lo exigiera. Si el Ejecutor del Proyecto se negara o demorase en hacerlo la Entidad Contratante podrá retirarlo y deducir el costo de este trabajo de las sumas que se adeudaran o se le pudieran adeudar al El Ejecutor del Proyecto. (CORPAMAG, 2014)

### **5.5.3 Tolerancia**

Para el dragado mecánico bajo agua, en donde la maquinaria empleada sea del tipo flotante o anfibia, se admitirán las siguientes tolerancias:

- Tolerancia horizontal: La sección dragada mecánicamente no deberá diferir en más de 1.50 m de la sección de diseño.

- Tolerancia vertical: Las cotas finales del fondo no deberán diferir en más de 50 centímetros de las del proyecto.

## **5.6 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROVENIENTE DEL DRAGADO. INCLUYE COMPACTACIÓN MECÁNICA**

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde haya de colocarse un relleno nuevo y el suministro, colocación, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de capas de material para conformar terraplenes, de acuerdo con los alineamientos, perfiles y secciones que se indiquen en los planos u ordene La Supervisión del Proyecto. Por tanto El Ejecutor del Proyecto deberá suministrar la planta, equipo, mano de obra y materiales que se requieran para efectuar dichas operaciones.

### **5.6.1 Materiales**

Los diques en tierra o terraplenes serán construidos con materiales provenientes de excavaciones o préstamos laterales, deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica y sustancias perjudiciales según el tipo de obra a ejecutarse.

Todos los materiales deben ser previamente aprobados por el Interventor. Cuando los materiales utilizables para la formación de una capa de terraplén presenten características

diferentes y no se haya ordenado un determinado tipo de mezcla en los planos o en las especificaciones, El Ejecutor del Proyecto deberá mezclarlos en forma adecuada, hasta obtener una uniformidad aceptable a juicio La Supervisión del Proyecto.

### **5.6.2 Preparación del Terreno**

Antes de iniciar la construcción de un dique en tierra, el terreno base de éste deberá estar desmontada, limpia y descapotada, libre de material orgánico que provoque asentamientos ulteriores a la estructura.

### **5.6.3 Compactación**

Para la construcción de los diques o terraplenes se utilizarán los limos y arenas limosas extraídas de la excavación. En lo posible se procurará mezclar las arenas con los limos con el fin de incrementar un poco la plasticidad de las arenas y reducir su potencial de tubificación. Por lo tanto se deberá establecer un sistema de explotación de materiales que permita una buena mezcla de los limos y las arenas, preferiblemente en proporción de uno a uno (1:1) o según lo indique La Supervisión del Proyecto, de tal forma que el material de relleno resulte ser una mezcla homogénea con una adecuada plasticidad.

El material solo se podrá compactar cuando posea una humedad correspondiente al óptimo de proctor, con un rango de variación de  $\pm 1,5\%$ ; la humedad óptima se podrá estimar con base en los límites de Atterberg.

De acuerdo con la disponibilidad de equipos de compactación, el constructor deberá seleccionar en obra el procedimiento completo de compactación, a saber:

- Peso del equipo
- Espesor de capa
- Número de pasadas

El procedimiento de compactación deberá garantizar como mínimo una densidad seca de 1.5 Ton/m<sup>3</sup> en el material ya compactado.

En caso que el material presente terrones, éstos deberán disgregarse completamente para su adecuada compactación.

El Ejecutor del Proyecto deberá efectuar todas las operaciones necesarias para disponer en el lugar de las obras el agua, razonablemente limpia para la compactación.

Cuando la humedad natural de los materiales que servirán para la conformación de un dique o terraplén, sea mayor que la adecuada para obtener la compactación especificada, El Ejecutor del Proyecto deberá reducir aquella con los procedimientos que estime conveniente.

Al terminar el proceso de levantar un dique en tierra o terraplén, su superficie deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de las aguas lluvias.

Toda superficie sobre la cual se va a colocar una capa de materiales deberá encontrarse muy cercana a su humedad óptima de compactación  $\pm 3.0\%$ , en caso contrario se procederá a secarla o humedecerla previamente. Si la superficie se halla demasiado lisa se aplicará el proceso de escarificación anotado anteriormente para la preparación del terreno.

#### **5.6.4 Tolerancias**

Las tolerancias admisibles para la aceptación de los diques en tierra o terraplenes serán las siguientes:

Los taludes terminados no deberán exhibir irregularidades visuales.

La situación entre el eje del proyecto y el borde del dique en tierra o terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por La Supervisión Designada del Proyecto.

La cota de coronamiento del dique o terraplén, no podrá ser menor que la indicada en los planos.

Se permitirá una variación de 10 centímetros en exceso de la cota de coronamiento del dique en Tierra o terraplén; el material excedente se distribuirá en forma que no se aprecien depresiones o Elevaciones bruscas en la corona.

#### **5.6.5 Asentamientos de la Fundación**

Cuando se presenten asentamientos en la fundación del dique en tierra o terraplén, por motivos no imputables al Ejecutor del Proyecto, La entidad Contratante, reconocerá los volúmenes adicionales para alcanzar la corona del terraplén, con la comprobación de la cota

real de fundación, por medio de perforaciones en el terraplén. El costo de estos ensayos serán por cuenta del Ejecutor del Proyecto. Cuando el asentamiento de la cimentación avance a un grado tal que en opinión del Interventor sea recomendable no añadir más material, el Interventor podrá detener cualquier trabajo en este trayecto y recibirlo en este estado dándolo por terminado. (CORPAMAG, 2014)

## 5.7 CÁLCULO DE CANTIDADES

### 5.7.1 Dragado Mecánico e Hidráulico de Sedimentos

El cálculo de la cantidad de material necesario para la presente actividad se calculó mediante la herramienta de CivilCad, la cual analiza la diferencia entre las secciones de terreno natural del tramo a intervenir y la sección de proyecto propuesta a lo largo del tramo.

En la siguiente tabla se detalla por sección transversal las cantidades de área y volumen de material para el corte realizado mediante el dragado mecánico, el cual se realizará de las abscisas K1+550 a la K9+124.69, ya que las condiciones del terreno lo permiten.

**Tabla 7. Volúmenes de Corte Dragado Mecánico.**



**Ilustración 39. Sector Dragado Mecánico K1+550 a la K9+124.69.**

ESTACION	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOLUMENES(M3)
	CORTE		CORTE
1+550.00	286.46	50	16,862.74
1+600.00	307.33	50	17,813.66
1+650.00	331.5	50	19,164.91
1+700.00	320.98	50	19,574.37
1+750.00	356.25	50	20,316.90
1+800.00	316.41	50	20,179.70
1+850.00	333.97	50	19,511.37
1+900.00	308.83	50	19,284.18
1+950.00	313.96	50	18,683.92
2+000.00	243.87	50	16,735.13
2+050.00	252.5	50	14,891.13
2+100.00	258.71	50	15,336.28
2+150.00	257.75	50	15,493.77
2+200.00	286.32	50	16,322.12
2+250.00	243.84	50	15,905.06
2+300.00	241.18	50	14,550.79
2+350.00	244.44	50	14,568.72
2+400.00	249.74	50	14,825.35
2+450.00	265.26	50	15,449.96
2+500.00	277.47	50	16,281.99
2+550.00	274.69	50	16,564.94
2+600.00	244.82	50	15,585.33
2+650.00	252.3	50	14,913.61
2+700.00	218.11	50	14,112.52
2+750.00	247.69	50	13,974.25
2+800.00	273.74	50	15,642.99
2+850.00	317.7	50	17,743.09
2+900.00	228.19	50	16,376.64
2+950.00	260.97	50	14,674.95
3+000.00	235.39	50	14,890.82
3+050.00	243.26	50	14,359.32
3+100.00	227.8	50	14,131.86
3+150.00	279.47	50	15,218.11
3+200.00	252.43	50	15,956.76
3+250.00	257.9	50	15,309.67
3+300.00	238.19	50	14,882.53
3+350.00	305.15	50	16,300.08
3+400.00	209.31	50	15,433.88
3+450.00	229.84	50	13,174.60

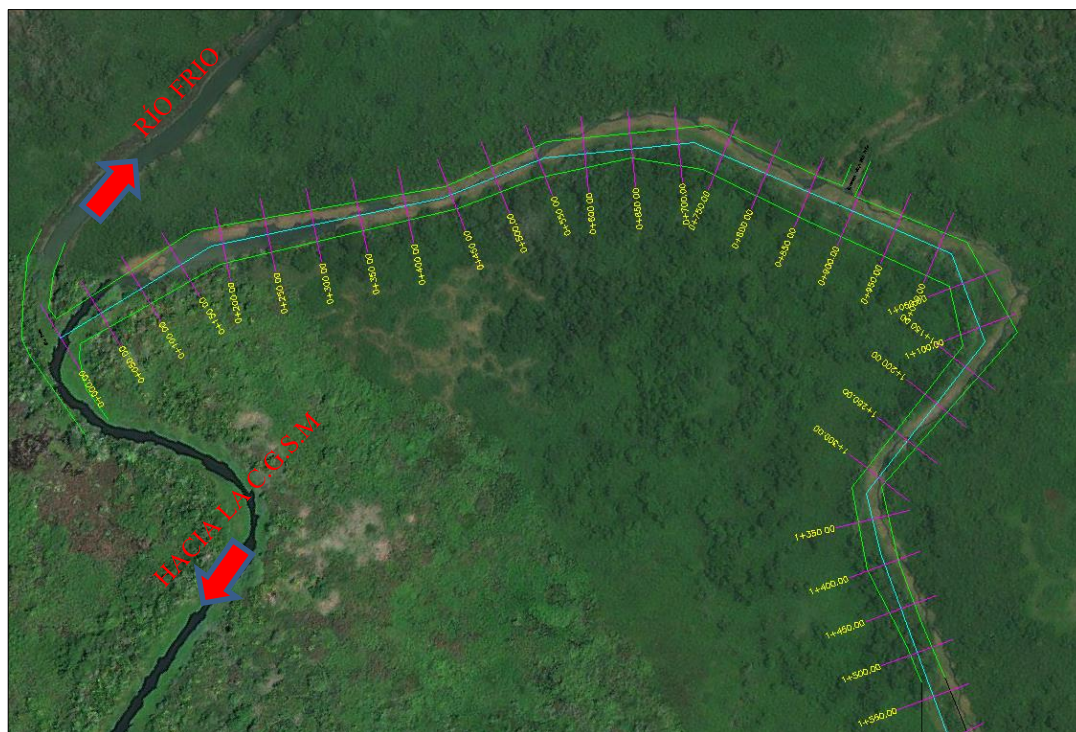
<b>3+500.00</b>	235.38	50	13,956.49
<b>3+550.00</b>	238.28	50	14,209.69
<b>3+600.00</b>	241.7	50	14,399.29
<b>3+650.00</b>	255.3	50	14,909.83
<b>3+700.00</b>	254.13	50	15,282.72
<b>3+750.00</b>	230.55	50	14,540.22
<b>3+800.00</b>	217.36	50	13,437.13
<b>3+850.00</b>	280.27	50	14,928.87
<b>3+900.00</b>	239.95	50	15,606.58
<b>3+950.00</b>	211.02	50	13,528.91
<b>4+000.00</b>	242.39	50	13,602.08
<b>4+050.00</b>	182.42	50	12,744.05
<b>4+100.00</b>	220.84	50	12,097.57
<b>4+150.00</b>	233.55	50	13,631.76
<b>4+200.00</b>	222.1	50	13,669.49
<b>4+250.00</b>	249.4	50	14,144.84
<b>4+300.00</b>	227.6	50	14,310.03
<b>4+350.00</b>	237.99	50	13,967.68
<b>4+400.00</b>	164.26	50	12,067.31
<b>4+450.00</b>	210.52	50	11,243.29
<b>4+500.00</b>	203.93	50	12,433.46
<b>4+550.00</b>	187.99	50	11,757.49
<b>4+600.00</b>	177.85	50	10,975.07
<b>4+650.00</b>	191.22	50	11,072.15
<b>4+700.00</b>	217.75	50	12,269.11
<b>4+750.00</b>	185.68	50	12,102.90
<b>4+800.00</b>	244.06	50	12,892.35
<b>4+850.00</b>	184.12	50	12,845.35
<b>4+900.00</b>	215.98	50	12,002.87
<b>4+950.00</b>	172.05	50	11,640.84
<b>5+000.00</b>	182.75	50	10,644.11
<b>5+050.00</b>	216.95	50	11,991.05
<b>5+100.00</b>	162.77	50	11,391.37
<b>5+150.00</b>	158.78	50	9,646.21
<b>5+200.00</b>	182.51	50	10,238.61
<b>5+250.00</b>	198.99	50	11,445.14
<b>5+300.00</b>	183.91	50	11,487.16
<b>5+350.00</b>	189.64	50	11,206.43
<b>5+400.00</b>	164.01	50	10,609.40
<b>5+450.00</b>	194.09	50	10,743.17
<b>5+500.00</b>	150.07	50	10,324.99

<b>5+550.00</b>	166.13	50	9,486.20
<b>5+600.00</b>	183.36	50	10,484.72
<b>5+650.00</b>	165.15	50	10,455.31
<b>5+700.00</b>	148.83	50	9,419.41
<b>5+750.00</b>	168.38	50	9,516.31
<b>5+800.00</b>	176.73	50	10,353.42
<b>5+850.00</b>	153.7	50	9,912.79
<b>5+900.00</b>	171.57	50	9,757.90
<b>5+950.00</b>	160.16	50	9,951.67
<b>6+000.00</b>	149.1	50	9,277.53
<b>6+050.00</b>	94.56	50	7,309.66
<b>6+100.00</b>	99	50	5,806.88
<b>6+150.00</b>	145.48	50	7,334.35
<b>6+200.00</b>	150.05	50	8,865.82
<b>6+250.00</b>	161.34	50	9,341.74
<b>6+300.00</b>	142.33	50	9,110.13
<b>6+350.00</b>	148.07	50	8,712.12
<b>6+400.00</b>	155.91	50	9,119.57
<b>6+450.00</b>	140.97	50	8,906.42
<b>6+500.00</b>	141.98	50	8,488.51
<b>6+550.00</b>	117.8	50	7,793.42
<b>6+600.00</b>	134.16	50	7,558.61
<b>6+650.00</b>	168.14	50	9,068.81
<b>6+700.00</b>	154.92	50	9,691.88
<b>6+750.00</b>	62.84	50	6,532.95
<b>6+800.00</b>	84.52	50	4,420.84
<b>6+850.00</b>	123.27	50	6,233.67
<b>6+900.00</b>	96.7	50	6,598.94
<b>6+950.00</b>	106.19	50	6,086.72
<b>7+000.00</b>	163.83	50	8,100.61
<b>7+050.00</b>	159.65	50	9,704.27
<b>7+100.00</b>	170.03	50	9,890.23
<b>7+150.00</b>	168.71	50	10,161.99
<b>7+200.00</b>	139.01	50	9,231.43
<b>7+250.00</b>	122.91	50	7,857.44
<b>7+300.00</b>	126.3	50	7,476.35
<b>7+350.00</b>	134.09	50	7,811.65
<b>7+400.00</b>	116.93	50	7,530.55
<b>7+450.00</b>	121.94	50	7,166.08
<b>7+500.00</b>	144.15	50	7,982.66
<b>7+550.00</b>	131.39	50	8,266.22



<b>7+600.00</b>	129.21	50	7,817.85
<b>7+650.00</b>	153.09	50	8,468.89
<b>7+700.00</b>	139.62	50	8,781.31
<b>7+750.00</b>	134.35	50	8,219.23
<b>7+800.00</b>	119.15	50	7,605.06
<b>7+850.00</b>	136.96	50	7,683.38
<b>7+900.00</b>	149.54	50	8,595.21
<b>7+950.00</b>	102.52	50	7,561.81
<b>8+000.00</b>	137.08	50	7,187.99
<b>8+050.00</b>	122.78	50	7,795.92
<b>8+100.00</b>	128.54	50	7,539.65
<b>8+150.00</b>	107.09	50	7,068.81
<b>8+200.00</b>	126.01	50	6,992.92
<b>8+250.00</b>	97.6	50	6,708.20
<b>8+300.00</b>	101.07	50	5,960.00
<b>8+350.00</b>	115.82	50	6,506.79
<b>8+400.00</b>	135.05	50	7,526.09
<b>8+450.00</b>	62.63	50	5,930.30
<b>8+500.00</b>	70.67	50	3,998.92
<b>8+550.00</b>	75.2	50	4,375.93
<b>8+600.00</b>	64.59	50	4,193.50
<b>8+650.00</b>	41.16	50	3,172.33
<b>8+700.00</b>	80.48	50	3,649.12
<b>8+750.00</b>	95.32	50	5,273.92
<b>8+800.00</b>	88.97	50	5,528.66
<b>8+850.00</b>	85.41	50	5,231.39
<b>8+900.00</b>	94.25	50	5,389.72
<b>8+950.00</b>	133.69	50	6,838.26
<b>9+000.00</b>	96.4	50	6,902.74
<b>9+100.00</b>	101.85	100	11,895.22
<b>9+124.69</b>	48.86	24.7	2,233.38
		<b>TOTAL</b>	<b>1,696,403.34</b>

En la siguiente tabla se detalla por sección transversal las cantidades de área y volumen de material para el corte realizado mediante el dragado hidráulico, el cual se realizará de las abscisas K0+000 a la K1+550, puesto que por las condiciones pantanosas y la cercanía al Río Frío no se permite el dragado mecánico.



**Ilustración 40. Sector de dragado Hidráulico K0+000 a la K1+550.**

**Tabla 8. Volúmenes de Corte Dragado Hidráulico.**

ESTACION	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOLUMENES(M3)
	CORTE		CORTE
0+000.00	327.5	0	0
0+050.00	198.3	50	15,773.95
0+100.00	232.58	50	12,926.53
0+150.00	399.13	50	18,951.46
0+200.00	429.15	50	24,848.45
0+250.00	398.42	50	24,827.16
0+300.00	252.9	50	19,539.62
0+350.00	253.94	50	15,205.02
0+400.00	262.55	50	15,494.51
0+450.00	360.28	50	4,681.96
0+500.00	301.45	50	19,851.87
0+550.00	272.75	50	17,225.84
0+600.00	389.08	50	19,854.67
0+650.00	320.54	50	21,288.33
0+700.00	281.85	50	18,071.47
0+750.00	301.64	50	17,504.55
0+800.00	291.93	50	17,807.14
0+850.00	393.27	50	20,556.06

<b>0+900.00</b>	314.21	50	21,224.36
<b>0+950.00</b>	317.23	50	18,943.36
<b>1+000.00</b>	276.14	50	17,801.30
<b>1+050.00</b>	331.45	50	18,227.87
<b>1+100.00</b>	286.57	50	18,540.65
<b>1+150.00</b>	318.26	50	18,144.97
<b>1+200.00</b>	346.02	50	19,928.55
<b>1+250.00</b>	278.03	50	18,721.48
<b>1+300.00</b>	301.13	50	17,374.82
<b>1+350.00</b>	294.68	50	17,874.38
<b>1+400.00</b>	327.49	50	18,665.13
<b>1+450.00</b>	292.56	50	18,601.49
<b>1+500.00</b>	275.63	50	17,045.81
		<b>TOTAL</b>	<b>545,502.76</b>

### 5.7.2 Conformación de Terraplenes

El cálculo de la cantidad de material necesario para la presente actividad se calculó mediante la herramienta de CivilCad, la cual analiza la diferencia entre las secciones de terreno natural del tramo a intervenir y la sección de proyecto propuesta a lo largo del tramo.

En la siguiente tabla se detalla por sección transversal las cantidades de área y volumen de material para terraplenes:

**Tabla 9. Volúmenes de Relleno. Terraplén.**

ESTACION	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOLUMENES(M3)
	TERRAPLEN		TERRAPLEN
<b>0+000.00</b>	0	0	0
<b>0+050.00</b>	0	50	0
<b>0+100.00</b>	0	50	0
<b>0+150.00</b>	0	50	0
<b>0+200.00</b>	0	50	0
<b>0+250.00</b>	0	50	0
<b>0+300.00</b>	0	50	0
<b>0+350.00</b>	0	50	0
<b>0+400.00</b>	0	50	0
<b>0+450.00</b>	0	50	0
<b>0+500.00</b>	0	50	0
<b>0+550.00</b>	0	50	0
<b>0+600.00</b>	0	50	0

<b>0+650.00</b>	0	50	0
<b>0+700.00</b>	0	50	0
<b>0+750.00</b>	0	50	0
<b>0+800.00</b>	0	50	0
<b>0+850.00</b>	0	50	0
<b>0+900.00</b>	0	50	0
<b>0+950.00</b>	0	50	0
<b>1+000.00</b>	0	50	0
<b>1+050.00</b>	0	50	0
<b>1+100.00</b>	0	50	0
<b>1+150.00</b>	0	50	0
<b>1+200.00</b>	0	50	0
<b>1+250.00</b>	0	50	0
<b>1+300.00</b>	0	50	0
<b>1+350.00</b>	0	50	0
<b>1+400.00</b>	0	50	0
<b>1+450.00</b>	0	50	0
<b>1+500.00</b>	0	50	0
<b>1+550.00</b>	0	50	0
<b>1+600.00</b>	0	50	0
<b>1+650.00</b>	0	50	0
<b>1+700.00</b>	0	50	0
<b>1+750.00</b>	0	50	0
<b>1+800.00</b>	0	50	0
<b>1+850.00</b>	0	50	0
<b>1+900.00</b>	0	50	0
<b>1+950.00</b>	0	50	0
<b>2+000.00</b>	0	50	0
<b>2+050.00</b>	-0.04	50	-1.02
<b>2+100.00</b>	-0.02	50	-1.45
<b>2+150.00</b>	0	50	-0.48
<b>2+200.00</b>	0	50	-0.15
<b>2+250.00</b>	-0.04	50	-1.2
<b>2+300.00</b>	-0.1	50	-3.55
<b>2+350.00</b>	-0.06	50	-4.01
<b>2+400.00</b>	0	50	-1.58
<b>2+450.00</b>	-0.01	50	-0.24
<b>2+500.00</b>	0	50	-0.24
<b>2+550.00</b>	0	50	-0.14
<b>2+600.00</b>	-0.03	50	-0.96
<b>2+650.00</b>	-0.03	50	-1.57

<b>2+700.00</b>	0	50	-0.8
<b>2+750.00</b>	-0.01	50	-0.36
<b>2+800.00</b>	-0.02	50	-0.84
<b>2+850.00</b>	-0.04	50	-1.61
<b>2+900.00</b>	-0.04	50	-2.04
<b>2+950.00</b>	-0.04	50	-1.98
<b>3+000.00</b>	-0.01	50	-1.12
<b>3+050.00</b>	-0.03	50	-0.97
<b>3+100.00</b>	-0.1	50	-3.26
<b>3+150.00</b>	-0.03	50	-3.28
<b>3+200.00</b>	-0.11	50	-3.51
<b>3+250.00</b>	-0.03	50	-3.42
<b>3+300.00</b>	-0.08	50	-2.71
<b>3+350.00</b>	-0.03	50	-2.69
<b>3+400.00</b>	-0.02	50	-1.16
<b>3+450.00</b>	-0.05	50	-1.56
<b>3+500.00</b>	-0.06	50	-2.52
<b>3+550.00</b>	-0.03	50	-2.13
<b>3+600.00</b>	-0.05	50	-1.91
<b>3+650.00</b>	-0.02	50	-1.76
<b>3+700.00</b>	-0.01	50	-0.78
<b>3+750.00</b>	-0.04	50	-1.23
<b>3+800.00</b>	-0.05	50	-2.28
<b>3+850.00</b>	-0.01	50	-1.44
<b>3+900.00</b>	0	50	-0.24
<b>3+950.00</b>	-0.01	50	-0.39
<b>4+000.00</b>	0	50	-0.37
<b>4+050.00</b>	0	50	0
<b>4+100.00</b>	-0.11	50	-2.78
<b>4+150.00</b>	-0.09	50	-5.11
<b>4+200.00</b>	-0.05	50	-3.64
<b>4+250.00</b>	-0.02	50	-1.7
<b>4+300.00</b>	-0.01	50	-0.64
<b>4+350.00</b>	-0.01	50	-0.39
<b>4+400.00</b>	-3.17	50	-79.42
<b>4+450.00</b>	-0.01	50	-79.45
<b>4+500.00</b>	-0.04	50	-1.26
<b>4+550.00</b>	0	50	-1.07
<b>4+600.00</b>	0	50	0
<b>4+650.00</b>	-0.01	50	-0.36
<b>4+700.00</b>	0	50	-0.46

<b>4+750.00</b>	-0.06	50	-1.57
<b>4+800.00</b>	0	50	-1.47
<b>4+850.00</b>	-0.03	50	-0.66
<b>4+900.00</b>	-0.04	50	-1.59
<b>4+950.00</b>	-0.05	50	-2.1
<b>5+000.00</b>	-0.02	50	-1.62
<b>5+050.00</b>	-0.05	50	-1.69
<b>5+100.00</b>	-0.44	50	-12.24
<b>5+150.00</b>	-0.02	50	-11.47
<b>5+200.00</b>	0	50	-0.48
<b>5+250.00</b>	-0.05	50	-1.34
<b>5+300.00</b>	0	50	-1.34
<b>5+350.00</b>	0	50	-0.07
<b>5+400.00</b>	-0.03	50	-0.76
<b>5+450.00</b>	-0.05	50	-2.06
<b>5+500.00</b>	-0.55	50	-15.12
<b>5+550.00</b>	-0.08	50	-15.67
<b>5+600.00</b>	-0.07	50	-3.79
<b>5+650.00</b>	-0.06	50	-3.39
<b>5+700.00</b>	-1.52	50	-39.58
<b>5+750.00</b>	-0.18	50	-42.58
<b>5+800.00</b>	-0.22	50	-10.1
<b>5+850.00</b>	-0.03	50	-6.42
<b>5+900.00</b>	-0.04	50	-1.91
<b>5+950.00</b>	-1.5	50	-38.49
<b>6+000.00</b>	-0.05	50	-38.57
<b>6+050.00</b>	-32.19	50	-805.86
<b>6+100.00</b>	-28.54	50	-1,518.11
<b>6+150.00</b>	-0.28	50	-720.41
<b>6+200.00</b>	-0.38	50	-16.55
<b>6+250.00</b>	-0.01	50	-9.74
<b>6+300.00</b>	-0.48	50	-12.16
<b>6+350.00</b>	-0.12	50	-14.93
<b>6+400.00</b>	-0.04	50	-4.06
<b>6+450.00</b>	-0.45	50	-12.29
<b>6+500.00</b>	-6.04	50	-162.15
<b>6+550.00</b>	-2.49	50	-213.11
<b>6+600.00</b>	-1.76	50	-106.19
<b>6+650.00</b>	-0.02	50	-44.6
<b>6+700.00</b>	-2.2	50	-55.53
<b>6+750.00</b>	-17.35	50	-488.59

<b>6+800.00</b>	-16.67	50	-850.42
<b>6+850.00</b>	-7.97	50	-615.93
<b>6+900.00</b>	-19.9	50	-696.59
<b>6+950.00</b>	-14.72	50	-865.34
<b>7+000.00</b>	-4.29	50	-475.24
<b>7+050.00</b>	-5.19	50	-237.17
<b>7+100.00</b>	-3.79	50	-224.66
<b>7+150.00</b>	-1.72	50	-137.85
<b>7+200.00</b>	-3.49	50	-130.37
<b>7+250.00</b>	-6.09	50	-239.47
<b>7+300.00</b>	-7.04	50	-328.11
<b>7+350.00</b>	-2.52	50	-239.03
<b>7+400.00</b>	-12.35	50	-371.69
<b>7+450.00</b>	-6.24	50	-464.61
<b>7+500.00</b>	-5.53	50	-294.16
<b>7+550.00</b>	-14.86	50	-509.76
<b>7+600.00</b>	-10.94	50	-644.98
<b>7+650.00</b>	-5.85	50	-419.69
<b>7+700.00</b>	-14.55	50	-510.14
<b>7+750.00</b>	-12.23	50	-669.67
<b>7+800.00</b>	-19.23	50	-786.65
<b>7+850.00</b>	-8.71	50	-698.66
<b>7+900.00</b>	-2.37	50	-276.97
<b>7+950.00</b>	-12.33	50	-367.49
<b>8+000.00</b>	-2.05	50	-359.57
<b>8+050.00</b>	-13.9	50	-398.7
<b>8+100.00</b>	-1.49	50	-384.61
<b>8+150.00</b>	-18.81	50	-507.42
<b>8+200.00</b>	-10.45	50	-731.53
<b>8+250.00</b>	-30.92	50	-1,034.13
<b>8+300.00</b>	-22.9	50	-1,345.29
<b>8+350.00</b>	-2.45	50	-633.56
<b>8+400.00</b>	-12.17	50	-365.47
<b>8+450.00</b>	-53.11	50	-1,632.06
<b>8+500.00</b>	-46.97	50	-2,501.95
<b>8+550.00</b>	-23.51	50	-1,761.86
<b>8+600.00</b>	-31.92	50	-1,385.77
<b>8+650.00</b>	-45.11	50	-1,925.85
<b>8+700.00</b>	-17.63	50	-1,568.51
<b>8+750.00</b>	-15.13	50	-818.97
<b>8+800.00</b>	-13.35	50	-712

<b>8+850.00</b>	-15.35	50	-717.54
<b>8+900.00</b>	-12.79	50	-703.5
<b>8+950.00</b>	-10.42	50	-580.3
<b>9+000.00</b>	-21.52	50	-798.54
<b>9+100.00</b>	-23.4	100	-2,246.03
<b>9+124.69</b>	-35.6	24.7	-728.56
		<b>TOTAL</b>	<b>-39,575.96</b>

## 5.8 COSTOS

Para la proyección de los costos se realizó un Análisis de Precios Unitarios por actividad, teniendo en cuenta los precios actuales del mercado regional.

Como resultado de lo anterior, la propuesta tiene un valor aproximado de Treinta y Ocho Mil Quinientos Treinta y Ocho Millones Seiscientos Noventa y Ocho Mil Doscientos Noventa y Seis Pesos Colombianos (\$38,538,698,296).

### 5.8.1 Presupuesto General del Proyecto

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1</b>	<b>ACTIVIDADES GENERALES</b>				<b>\$ 36,000,000</b>
1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	Und	2.00	\$ 18,000,000	\$ 36,000,000
<b>2</b>	<b>ACTIVIDADES DE OBRA</b>				<b>\$ 27,468,753,756</b>
2.1	Localización y Replanteo del caño Hondo	Km	9.12	\$ 3,200,001	\$ 29,199,017
2.2	Dragado Mecánico de sedimentos del caño Hondo, mediante el uso de equipo anfibio tipo retroexcavadora. Incluye explanación lateral de material de dragado	M3	1,696,403.34	\$ 11,389	\$ 19,320,337,639
2.3	Dragado Hidráulico	M3	545,502.76	\$ 13,729	\$ 7,489,207,392
2.4	Conformación de Terraplenes con material proveniente del Dragado. Incluye Compactación Mecánica	M3	39,575.96	\$ 15,919	\$ 630,009,707
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 27,504,753,756</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>\$ 8,512,721,287</b>
	Administración		20%	\$	5,500,950,751
	Imprevistos		5%	\$	1,375,237,688
	Utilidad		5%	\$	1,375,237,688
	IVA sobre Utilidad		19%	\$	261,295,160.68
<b>VALOR TOTAL OBRA</b>					<b>\$ 36,017,475,043</b>
	<b>SEGUIMIENTO AL PROYECTO</b>		<b>7%</b>	\$	<b>2,521,223,253</b>
<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>\$ 38,538,698,296</b>



## 5.8.2 APU- Movilización y Desmovilización

		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM No	Movilización y desmovilización de maquinaria					UNIDAD	
1						UND	
<b>1. EQUIPO</b>							
	Descripción	Unidad	Tarifa/Hora/Día	Rendimiento	Valor unitario		
					<b>Sub-total</b>	\$ -	
<b>2. MATERIALES</b>							
	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor unitario		
					<b>Sub-total</b>	\$ -	
<b>3. TRANSPORTE</b>							
		Vol-peso ó Car	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
	Transporte Vía Pluvial de la maquinaria pesada,	2			\$ 9,000,000	\$ 18,000,000	
					<b>Sub-total</b>	\$ 18,000,000	
<b>4. MANO DE OBRA</b>							
	Trabajador	Salario/día	Prestaciones y Aportes Patronales	Salario Total	Cantidad	Rendimiento	Valor unitario
					<b>Sub-total</b>	\$ -	
					<b>VALOR UNITARIO</b>	\$ 18,000,000	

### 5.8.3 APU-Localización y Replanteo Topográfico

		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM No	Localización y Replanteo					UNIDAD Km	
<b>1. EQUIPO</b>							
Descripción		Unidad	Tarifa/Hr	Rendimiento	Valor unitario		
Estacion Total + radios de comunicación		Hr	\$ 95,000	4.36	\$ 413,870		
Sistema de Posicionamiento Global ( GPS )		Hr	\$ 110,000	4.36	\$ 479,218		
Nivel de precisión		Hr	\$ 35,000	4.36	\$ 152,479		
Ecosonda digital + accesorios		Hr	\$ 110,000	4.36	\$ 479,218		
Lancha con motor fuera de borda		Hr	\$ 210,000	4.36	\$ 914,871		
Computador + Software		Hr	\$ 35,000	4.36	\$ 152,479		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 2,592,135</b>	
<b>2. MATERIALES</b>							
Descripción		Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor unitario		
Combustible gasolina lancha		GL	\$ 8,757	8.50	\$ 74,435		
Lubricantes o aceites		GL	\$ 8,500	1.00	\$ 8,500		
Mojon de concreto.20 x .20 m		UND	\$ 21,859	1.00	\$ 21,859		
Estacas, puntillas, pintura		GBL	\$ 155,000	1.00	\$ 155,000		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 259,794</b>	
<b>3. TRANSPORTE</b>							
Material		Vol-peso ó Car	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					<b>Sub-total</b>		
<b>4. MANO DE OBRA</b>							
Trabajador		Salario/hora	Prestaciones y Aportes Patronales	Salario Total	Cantidad	Rendimiento	Valor unitario
Topografo		\$ 15,550	\$ 9,064	\$ 24,614	1	4.36	\$ 107,232
Cadeneros 1 y 2		\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	2	4.36	\$ 57,466
Hidrometrista		\$ 9,925	\$ 5,785	\$ 15,710	1	4.36	\$ 68,442
Motorista		\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	1	4.36	\$ 28,733
Ayudantes		\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	3	4.36	\$ 86,199
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 348,072.00</b>	
VALOR UNITARIO						<b>\$ 3,200,001.00</b>	

## 5.8.4 APU-Dragado Mecánico

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ITEM No	Dragado Mecanico					UNIDAD M3
<b>1. EQUIPO</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa/Hr/Día	Rendimiento	Valor unitario		
Rexcavadora de brazo largo anfibia, Cap 1 m3, ( L = 18	HR	\$ 360,000	0.01	\$ 3,600		
Bulldozer Tipo CAT D5G o similar	HR	\$ 175,000	0.01	\$ 1,250		
Equipo topobatimetrico para Control ( GPS + Estación + Nivel de precisión y radios de comunicación)	HR	\$ 275,000	0.01	\$ 1,964		
Ecosonda digital + accesorios	HR	\$ 104,090	0.01	\$ 744		
Lancha con motor fuera de borda de 100 H.P.	HR	\$ 197,771	0.01	\$ 1,413		
Herramientas menores (10%MO)	GBL	\$ 86	1.00	\$ 86		
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 9,057</b>	
<b>2. MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor unitario		
Combustible ACPM Retroexcavadora	GL	\$ 8,105	0.06	\$ 525		
Combustible gasolina Lancha	GL	\$ 8,757	0.01	\$ 88		
Aceites y grasas	GI	\$ 8,500	0.01	\$ 85		
Señalización preventiva ( Boyas, Avisos)	GBL	\$ 778	1.00	\$ 778		
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 1,476</b>	
<b>3. TRANSPORTE</b>						
Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
				<b>Sub-total</b>		
<b>4. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Salario/hora	Prestaciones y Aportes Patronales	Salario Total	Cantidad	Rendimiento	Valor unitario
Operador Retroexcavadora	\$ 9,917	\$ 5,780	\$ 15,697	1	0.010	\$ 157
Operador Bulldozer	\$ 9,917	\$ 5,780	\$ 15,697	1	0.01	\$ 112
Hidrometrista	\$ 9,925	\$ 5,785	\$ 15,710	1	0.010	\$ 157
Comisión topografica	\$ 23,883	\$ 13,922	\$ 37,805	1	0.01	\$ 270
Motorista de lancha	\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	1	0.01	\$ 66
Ayudantes	\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	2	0.01	\$ 94
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 856.00</b>	
<b>VALOR UNITARIO</b>						<b>\$ 11,389.00</b>

## 5.8.5 APU-Dragado Hidráulico

		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
ITEM No	Dragado Hidráulico				UNIDAD	
<b>1. EQUIPO</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa/Hr/Día	Rendimiento	Valor unitario		
Draga Tipo Cortadora de Succión, incluido tubería flotante	Hr	\$ 1,500,000	0.01	\$ 15,000		
Remolcador de maniobras	Hr	\$ 280,000	0.01	\$ 2,800		
Planchón	Hr	\$ 1,000	0.01	\$ 10		
Rexcavadora de brazo largo anfibia, Cap 1 m3, ( L = 18	Hr	\$ 360,000	0.01	\$ 3,600		
Equipo topobatimétrico para Control ( GPS + Estación +	Hr	\$ 195,000	0.01	\$ 1,950		
Ecosonda digital + accesorios	Hr	\$ 100,000	0.01	\$ 1,000		
Lancha con motor fuera de borda de 100 H.P.	Hr	\$ 180,000	0.01	\$ 1,800		
Herramientas menores (10%MO)	GBL	\$ 52	1.00	\$ 52		
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 11,212</b>	
<b>2. MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor unitario		
Combustible ACPM Retroexcavadora	GL	\$ 8,757	0.06	\$ 525		
Combustible gasolina Lancha	GL	\$ 8,757	0.01	\$ 88		
Aceites y grasas	GI	\$ 8,500	0.01	\$ 85		
Señalización preventiva ( Boyas, Avisos)	GBL	\$ 778	1.00	\$ 778		
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 1,476</b>	
<b>3. TRANSPORTE</b>						
Material	Vol-peso ó Car	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
				<b>Sub-total</b>		
<b>4. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Salario/hora/día	Prestaciones y Aportes Patronales	Salario Total	Cantidad	Rendimiento	Valor unitario
Operador Retroexcavadora	\$ 8,750	\$ 4,871	\$ 13,621	1	0.01	\$ 136
Hidrometrista	\$ 5,000	\$ 2,784	\$ 7,784	1	0.01	\$ 78
Comisión topográfica Top+Cad. 1+ Cad. 2	\$ 14,375	\$ 8,003	\$ 22,378	1	0.01	\$ 224
Marinos	\$ 5,000	\$ 2,784	\$ 7,784	4	0.01	\$ 311
Motorista de lancha	\$ 3,750	\$ 2,088	\$ 5,838	1	0.01	\$ 58
Ayudantes	\$ 3,750	\$ 2,088	\$ 5,838	4	0.01	\$ 234
				<b>Sub-total</b>	<b>\$ 1,041.00</b>	
<b>VALOR UNITARIO</b>					<b>\$ 13,729.00</b>	

## 5.8.6 APU-Conformación de Terraplenes

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ITEM No	Conformación de Terraplenes con material proveniente del Dragado.Incluye Compactación Mecánica					UNIDAD	
<b>1. EQUIPO</b>							
	Descripción	Unidad	Tarifa/Hr	Rendimiento	Valor unitario		
	Rexcavadora de brazo largo anfibia, Cap 1 m3, ( L = 18 metros , alcance horizontal )	Hr	\$ 900,000	0.01	\$ 11,872		
	Compactador (Rodillo) 8 Ton	Hr	\$ 160,000	0.01	\$ 2,110		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 13,982</b>	
<b>2. MATERIALES</b>							
	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor unitario		
	Combustible ACPM Retroexcavadora	GL	\$ 8,105	0.06	\$ 486		
	Aceites y grasas	GI	\$ 8,500	0.01	\$ 85		
	Señalización preventiva ( Boyas, Avisos)	GBL	\$ 778	1.00	\$ 778		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 1,349</b>	
<b>3. TRANSPORTE</b>							
	Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					<b>Sub-total</b>		
<b>4. MANO DE OBRA</b>							
	Trabajador	Salario/hora	Prestaciones y Aportes Patronales	Salario Total	Cantidad	Rendimiento	Valor unitario
	Operador Retroexcavadora	\$ 9,917	\$ 5,780	\$ 15,697	1	0.01	\$ 207
	Operador Rodillo	\$ 9,917	\$ 5,780	\$ 15,697	1	0.01	\$ 207
	Ayudante Rodillo	\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	1	0.01	\$ 87
	Ayudantes Retroexcavadora	\$ 4,167	\$ 2,429	\$ 6,595	1	0.01	\$ 87
					<b>Sub-total</b>		<b>\$ 588.00</b>
VALOR UNITARIO							<b>\$ 15,919.00</b>

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es muy importante realizar el proyecto **“Estrategia Para la Recuperación Hidráulica del Río Sevilla Entre las Abscisas k7+951.94 y k17+086.63 (desde la c.g.s.m), Como Aporte** ya que con esta estrategia o método podremos reparar la restauración, recuperación y protección tanto del Río Sevilla como de la Ciénaga (C.G.S.M).

La recuperación de un Complejo Lagunar como la Ciénaga Grande de Santa Marta es muy difícil de asumir y de lograr, pero no es imposible si cada entidad y persona de nuestro país asume la responsabilidad de integrarse con las estrategias planteadas para alcanzar su sostenibilidad, por medios de las acciones que se propongan y así contribuir a el restablecimiento del cuerpo de agua.

Con la estrategia que se quiere plantear aquí, también se espera reparar las condiciones de los ecosistemas aledaños en las zonas inundables y poder recuperar parte de la ronda hídrica para así favorecer a las comunidades cercanas en su parte socio-económica y por otro lado contribuir al mejoramiento de las condiciones ambientales del sector y los cuerpos de agua.

Otro impacto que se logrará con la implementación de la estrategia de este proyecto es que ambientalmente se mejorará las condiciones de la ronda y como resultado de que el cuerpo del río funcionará mucho mejor ya que se pretende recuperar su sección hidráulica, disminuyendo el tiempo de drenaje y aportando mucho más caudal a la ciénaga.

La estrategia aquí formulada en este documento es factible realizar tanto de manera técnica y ambientalmente, logrando conseguir grandes beneficios tanto para las poblaciones aledañas ya que permitirá drenar el agua en un menor tiempo y de igual manera aportar un caudal de agua dulce a la ciénaga permitiendo mejorar sus condiciones de la dinámica hidrológica, hidráulica y de igual forma a la reducción del porcentaje de salinidad en la C.G.S.M.

El seguimiento y la evaluación del río demuestra que hay una gran afectación en el cauce del río por sedimentación, lo que nos indica que realizar este proyecto es de gran importancia para tratar los problemas de erosión el cual perjudican a las poblaciones, por lo tanto, es muy importante realizar ya que se presenta como punto de partida para proyectos futuros en otros ríos importantes como lo son el Aracataca, Tucurinca, Sevilla y otros cuerpos que podrían aportar al restablecimiento hidrológico y ambiental de la Ciénaga grande de Santa Marta.



## BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag) Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, «José Benito Vives de Andreis, Invemar» (plan de manejo para el sitio RAMSAR y reserva de la biosfera, sistema delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta).
- Municipio zona Bananera, Jesús Avendaño Miranda Alcance Municipal Prado-Sevilla. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial “un nuevo amanecer”).
- (Centro Nacional de Investigación Atmosférica).
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena-CORPAMAG (2015). ***ESTUDIO BASE PARA LA REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES DE LOS RÍOS BURITACA, GAIRA, TORIBIO, CÓRDOBA, ORIHUECA Y SEVILLA, A PARTIR DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.*** Santa Marta, pp.66-85.
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena-CORPAMAG. Informe Principal ***RECUPERACION DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA DE CUERPOS DE AGUA QUE ALIMENTAN EL SECTOR NOROESTE DE LA CGSM, COMO PARTE DE SU RESTABLECIMIENTO AMBIENTAL.*** Santa Marta Magdalena-2016.
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de ciencias Naturales e ingeniería-Programa de Biología Marina-Informe técnico Trabajo profesionalizante para optar al título de Bióloga Marina, ***APOYO AL MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA EN EL PERIODO DE FEBRERO A MAYO DE 2016.*** Santa Marta Magdalena 2016.
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena-CORPAMAG. ***RECUPERACIÓN DE HUMEDALES COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL Y REDUCCIÓN DEL RIESGO EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.*** Santa Marta, pp. 11-53.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia-***PLAN MANEJO SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.*** Santa Marta, pp. 9-100.



- **INSTITUTO DE HIDROOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDISO AMBIENTALES IDEAM (2017).** *Solicitud información de estaciones pluviométrica, Linnimétrica y Climatológica Ordinaria.*  
*Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>.*
- *Miguel Angel Vanegas (2011). Implementación de modelos locales en el espacio de fase para el pronóstico de variables hidrometeorológicas a partir de series de tiempo / Local model implementation in phase space for the forecast hydrometeorological variables from time series.*