Proyecto:

RECUPERACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE LA RECTIFICACIÓN Y ADECUACIÓN HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SOLEDAD, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.





INFORME FINAL

Soledad, marzo de 2024

CONTROL DE ELABORACION, REVISION, VERIFICACION, APROBACION Y DISTRIBUCION DE INFORME

Proyecto: RECUPERACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE LA RECTIFICACIÓN Y ADECUACIÓN HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SOLEDAD, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.	
Título documento: ESTUDIOS PARA RECUPERACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE LA RECTIFICACIÓN Y ADECUACIÓN HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SOLEDAD, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.	
Estatus: Final	
Versión: original	**Fecha:** Marzo 2024

ELABORACION, REVISION, VERIFICACION Y APROBACION			
Actividad	Fecha	Nombre del ejecutor	Firma
Elaboración	Marzo-2024	Gabriel Oyaga García	
Revisión			
Revisión			

DISTRIBUCION			
Fecha	Personal	Empresa	Copies

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Sección modificada	Fecha Modificación	Observaciones
Versión 1		Marzo 2024	Versión Original

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 10
2. ÁREA DE ESTUDIO 10
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 11
4. JUSTIFICACIÓN 12
5. GENERALIDADES DEL SECTOR 12
5.1 Geografía 12
5.2 Límite municipal 12
5.3 Hidrología 13
5.4 Economía 13
5.5 Temperatura 13
5.6 Precipitaciones 14
5.7 Humedad relativa 15
5.8 Brillo Solar 16
5.9 Evaporación 16
5.10 Demografía 17
5.11 Educación 17
5.12 Salud 19
5.13 Vivienda 20
5.14 Agua Potable Y Saneamiento Básico 21
5.15 Vías 21
5.16 Cultura 22
5.17 Economía 23
5.17.1 Agricultura 23
5.17.2 Ganadería 24
5.17.3 Pesca 24
5.17.4 Actividades económicas industriales 24
6. ESTUDIO SE SUELOS 25
6.1 Objetivos Y Alcance Del Estudio 25
6.2 Localización 26
6.3 Descripción Del Proyecto 26

6.4 Características Del Sitio 27
6.5 Topografía Y Vegetación Presente 27
6.6 Geología Local 27
6.7 Descripción Geomorfológica 29
6.8 Investigación Ejecutada 30
6.8.1 Investigación De Campo 30
6.8.2 Ensayos De Laboratorio 31
6.9 Geotecnia Del Perfil Estratigráfico Y Discusión De Los Resultados 31
6.9.1 Estratigrafía 31
6.9.3 Columna De Agua 38
6.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 38
7. ESTUDIO TOPOBATIMETRICO 39
7.1 Resumen 39
7.2 Objetivos 39
7.3 Obtención de información principal 40
7.4 Recopilación Información De Campo 40
7.4.1 Recurso Humano 40
7.4.2 Recurso Técnico 40
7.4.3 Equipo de campo 40
7.4.4 Equipo de oficina 41
7.4.5 Levantamiento topo Batimétrico 41
7.4.6 Apoyo cartográfico 41
7.4.7 Puntos de control 41
7.4.8 Equipos utilizados para el Levantamiento 43
7.5 Procesamiento Información De Campo 47
7.5.1 Obtención de niveles (Altimetría) 47
7.5.2 Obtención de posiciones (Planimetría) 47
7.6 Generación De Planos Topográficos 48
7.6.1 Escala 48
7.6.2 Dimensiones 48
7.6.3 Cuadricula 48
7.6.4 Modelo digital del terreno y curvas de nivel 48
7.6.5 Secciones transversales 49

7.7 Resultados Obtenidos 49
8. ESTUDIO HIDROLÓGICO 51
8.1 Morfometría 51
8.1.1 Delimitación de Cuenca Hidrológica 52
8.1.2 Parámetros morfométricos 55
8.1.3 Orden de la cuenca 56
8.1.4 Coeficiente de Bifurcación 57
8.1.5 Densidad de Drenaje 57
8.1.6 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc) 57
8.1.7 Coeficiente de Forma (Kf) 58
8.2 Datos Hidrológicos 58
8.2.1 Precipitaciones 58
8.2.2 Tiempo de Concentración 59
8.2.3 Hietograma de tormenta 60
8.2.4 Número de Curva 61
8.3 Cálculo de Caudales Máximos 64
8.3.1 Periodo de Retorno 64
8.3.2 Cálculo de la lluvia neta 64
8.3.3 Método Triangular del SCS 64
8.3.4 Método de Clark 66
8.3.5 Método de Chow 67
8.3.6 Resumen de Caudales máximos 69
8.4 Fenómenos atmosféricos que pueden afectar la cuenca del cañosoledad 69
8.4.1 Resumen de Caudales máximos 69
8.4.2 Easterly waves 69
8.4.3 El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS). 70
8.4.4 Huracanes 71
9. ESTUDIO HIDRÁULICO 72
9.1 Generalidades 72
9.2 Caudal de diseño 72
9.3 Escenarios de simulación del comportamiento hidráulico cañosoledad 72
9.4 Características hidráulicas 73
9.4.1 Coeficiente de rugosidad 73

9.4.2 Geometría 74
9.4.3 Limitaciones del modelo 74
9.5 Dimensionamiento de sección típica 75
9.6 Modelación hidráulica 76
9.7 Análisis Hidrodinámico 78
10 DISEÑO GEOMETRICO 80
10.1 Canal 80
10.2 Dique marginal. 81
10.2.1 Cota de corona 82
10.2.2 Ancho de corona 82
10.2.3 Taludes 82
11 COMPONENTE CIVIL 84
11.1 Obras de Protección 84
11.1.1 Revestimiento en concreto. 84
11.1.2 Muro de contención 85
11.1.2.1 Código Y Norma De Diseño 86
11.1.2.2 Programas 86
11.1.2.3 Diseño Por Estados Límites 86
11.1.2.4 Carga Muerta 87
11.1.2.5 Diseño Estructural 88
11.1.2.6 Diseño De Cimentación 90
12. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 90
12.1 Introducción 90
12.2 Cantidades de obra 91
12.3 Descripción de las actividades 94
12.3.1 Replanteo planimétrico, altimétrico y batimétrico 94
12.3.2 Movilización y desmovilización 94
12.3.3 Construcción de celdas para acopio de material dragado 94
12.3.4 Suministro y aplicación de biodegradador 94
12.3.5 Dragado y disposición final 95
12.3.6 Excavación mecánica para recuperación de cauce 95
12.3.7 Cargue y disposición de material común a 12 km 95
12.3.8 Fortalecimiento de las organizaciones comunitaria en los procesos de

planificación y ejecución del proyecto 96
12.3.9 Gestión de residuos solidos 96
12.3.10 Plan de manejo ambiental 96
12.3.11 Monitoreo ambiental 96
12.3.12 Seguimiento y control. 97
12.3.13 Planes de emergencia 97
12.4 Análisis de precios unitarios 97
12.5 Presupuesto 97
13. CAPACIDAD REQUERIDA DEL EQUIPO MINIMO 98
- Plazo de ejecución total 8.760 días, 24 meses. 98
14. PROGRAMA DE TRABAJO 99
15. METODOS CONSTRUCTIVOS 99
15.1 Método de ejecución 99
15.2 Secuencia de ejecución de los componentes 100
15.3 Secuencia de ejecución individual 101
15.3.1 Preliminares 101
15.3.2 Zonas de acopio 101
15.3.3 Recuperación Hidráulica 101
15.3.4 Obras de protección contra inundación 102
15.3.5 Componente socio ambiental 102
15.3.6 Planeación sobre el riesgo 103
16. COMPONENTE SOCIAL 103
16.1 Área de influencia directa 104
16.2 Caracterización socioeconómica 104
16.3 Aspectos demográficos y sociales 105
16.4 Estratificación socioeconómica 105
16.5 Organización comunitaria 105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización general zona de estudio. 11
Figura 2 Localización general municipio de Soledad, Departamento del Atlántico. 13
Figura 3 Localización general estudio Geotécnico 26
Figura 4 Mapa geológico del sector. Q-e (depósitos eólicos), ... 29

Figura 5 Localización general de los sondeos estudio Geotécnico. 31
Figura 6 Descripción punto de control....42
Figura 7 Coordenadas Sistema Cartográfico Nacional MAGNA-SIRGAS 43
Figura 8 Ubicación de Secciones Caño Soledad a Rio Magdalena....49
Figura 9 Zona de convergencia intertropical. 69
Figura 10 Easterly Waves. Movimiento de bajas presiones que se mueve de este a oeste. 70
Figura 11 Fenómeno niño-niña 71
Figura 12 Esquema general, Trazado geométrico caño Soledad. 74
Figura 13 Perfil hidráulico caño Soledad. 76
Figura 16 Malla de cálculo en RAS. 78
Figura 17 Resultados, Profundidad del agua en RAS. 79
Figura 18 Resultados, Niveles de agua en RAS. 79
Figura 18 Resultados, Velocidades máximas en RAS. 80
Figura 21 Sección de Diseño. 81
Figura 22 Sección típica Dique 81
Figura 23 Abaco de Taylor....83

TABLAS

Tabla 1 Bienes de Interés Cultural a nivel Nacional en el municipio de Soledad....22
Tabla 2 Bienes de Interés Cultural según la categoría de conservación en el municipio de Soledad 23
Tabla 3 Bienes de Interés Cultural según el nivel y/o categoría de conservación en el municipio de Soledad 23
Tabla 4 Ubicación de Sondeos 27
Tabla 5 Puntos de referencia cartográfica....41
Tabla 6 Características principales de las subcuencas. 55
Tabla 7 Datos Curva IDF Aeropuerto Ernesto Cortissoz. 59
Tabla 8 Tiempo de concentración. 60
Tabla 9 Hietograma de tormenta para distintos periodos de retorno. 61
Tabla 11 Números de Curva según RAS, resolución 0330/2017. 62
Tabla 11 Números de Curva para la cuenca de proyecto. 63
Tabla 12 Periodos de Retorno según res 0330/2017. 64
Tabla 13 Cálculo de la lluvia neta para diferentes periodos de retorno. 64
Tabla 14 Cálculo de caudales máximos por el método Triangular del SCS. 65
Tabla 15 Cálculo de caudales máximos por el método de Clark. 67
Tabla 16 Cálculo de caudales máximos por el método de Chow. 68
Tabla 17 Resumen de caudales máximos calculados....69
Tabla 18 Niveles rio Magdalena....73
Tabla 19 Coeficiente de Manning según material. 73
Tabla 20 Resultados Simulación escenario 3 en HEC RAS....76
Tabla 23 Actividades a Desarrollar. 92
Tabla 24 Cantidades de obra. 93

INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1 Temperatura municipio de....14
Gráfica 2 Precipitación. 15
Gráfica 3 Humedad relativa 15

Gráfica 4 Brillo solar 16
Gráfica 5 Evaporación 16
Gráfica 6 Cobertura de educación 18
Gráfica 7 Tasa de Deserción 19
Gráfica 8 Cobertura en Salud 20
Gráfica 9 Infraestructura vial del municipio 21
Gráfica 10 Perfil estratigráfico sondeo N°01 32
Gráfica 11 Perfil estratigráfico sondeo N°02 33
Gráfica 12 Perfil estratigráfico sondeo N°03 34
Gráfica 13 Perfil estratigráfico sondeo N°04 35
Gráfica 14 Perfil estratigráfico sondeo N°05 36
Gráfica 15 Clasificación del suelo sistema AAHSTO 37
Gráfica 16 Abaco de Casagrande, sistema unificado de clasificación de suelos SUCS 37
Gráfica 17 Granulometría de los materiales 38
Gráfica 18 Localización del estudio 51
Gráfica 19 Localización dentro del DEM. 52
Gráfica 20 Cuenca y corrientes principales. 55
Gráfica 21 Identificación de subcuencas y corrientes principales 56
Gráfica 22 Curva IDF Aeropuerto Ernesto Cortissoz 59
Gráfica 23 Coberturas de suelos en la cuenca. 63
Gráfica 24 Evolución fenómeno niño – niña. 1950-2015 71
Gráfica 29 Programa de trabajo. 99

INDICE DE ILUSTACIONES

Ilustración 1 Equipo de sistema GNSS RTK 44
Ilustración 2 Equipo de nivelación 45
Ilustración 3 Equipo estación Total 46
Ilustración 4 Sección caño Soledad con revestimiento en concreto 85
Ilustración 5 Sección caño Soledad muro de contención en concreto 86
Ilustración 6 Tipología de muro de contención con Pilotaje 86

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Toma de información altimétrica para generación de secciones transversales. 47
Imagen 2 Sección 1 del caño soledad sin canalizar 50
Imagen 3 Sección 2 del caño soledad hacia la zona urbana 50
Imagen 4 Sección 3 del caño soledad hacia el rio magdalena 50
Imagen 5 Sección 4 del caño perspectiva rio magdalena 50
Imagen 6 Carga muerta muro de 2m (Ton/m2) 88
Imagen 7 Refuerzo requerido por el vástago del muro para la envolvente de todas las combinaciones de carga, izquierda AST1, AST2 [mm2/m] 89
Imagen 8 Refuerzo requerido por la zapata del muro para la envolvente de todas las combinaciones de carga, izquierda AST1, AST2 [mm2/m] 89
Imagen 9 Presión de contacto zapata muro de contención para la condición servicio I [Ton/m2] 90

1. INTRODUCCION

El municipio de Soledad, como ciudad con visión futurista, en cabeza de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, propende programas de desarrollo y protección para mejorar las condiciones ambientales de sectores vulnerables y por consiguiente resguardar la calidad de vida de la ciudadanía; enfocado en obras hidráulicas para mejoramiento de los sistemas de drenaje hídricos, que en épocas invernales ubican a la población asentada en inmediaciones del riesgo.

El caño soledad, es uno de los principales cursos de afluencia de las aguas de escorrentía de la ciudad, receptando caudales del arroyo platanal y del casco urbano desde la calle 17 entre carreras 15 y 23 acorde a nomenclatura urbana de la ciudad de soledad Atlántico.

Actualmente, el cauce del caño soledad y del arroyo platanal, paralelos en gran parte entre ellos, presentan un alto grado de sedimentación, el cual no da condiciones de navegabilidad a las embarcaciones usuaria ni tiene capacidad hidráulica para evacuación de los caudales aportados durante un eventode tormenta extremo.

Lo anterior conlleva, a que se dé un requerimiento de obras hidráulicas encaminadas al restablecimiento del cauce del caño soledad, ante problemática natural.

Este informe, sintetiza de manera general el proyecto, brindando una visión clara del requerimiento de obra para poder cumplir su objetivo principal.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio cubre una extensión superficiaria de 2.9 km2 y corresponde al caño soledad en el sector comprendido entre desembocadura del arroyo platanal carrera 15 calle 11 nomenclatura urbana de soledad, el caño soledad como tal y su desembocadura en el rio Magdalena, en una longitud total de 3.750 metros y un afluente que compone el mismo caño Soledad con una longitud de total de 817,8 metros.

El caño soledad se localiza sobre las coordenadas geodésicas extremas en caño soledad en latitud Norte 10°54'33.5”, Este 74°45'46.00”, N10° 55' 38.93" W74° 44' 52.87" y latitud 5 metros sobre el nivel del mar.

Para la determinación de caudales afluentes, necesarios en el análisis hidráulico, fue necesario incluir el área de drenaje del arroyo platanal como afluente principal el cual posee una extensión superficiaria de drenaje equivalente a 3.54 km2.



Figura 1 Localización general zona de estudio.
Fuente: Google Earth

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El caño Soledad. Así como la prolongación del arroyo el platanal, es una corriente de tipo perenne es decir con afluencia de agua todo el tiempo aportada por el rio magdalena, caracterizándose por ser vía fluvial principal de la navegación de la población de soledad de donde derivan su sustento económico, además es fuente receptora de la escorrentía superficial generada en época invernal, recibiendo la descarga de caudales del arroyo platanal, rio magdalena y los caudales provenientes de su área de drenaje, la cual está limitada desde la calle 18 entre las carreras 15 y 23.

De este proceso natural de recepción de las aguas, se suma el aporte de sedimentos contenidos dentro de ellas, provenientes del arrastre de materiales, sedimentos que finalmente se depositan a lo largo y ancho del cauce, generando insuficiencia hidráulica al transporte de las aguas, haciendo que se aumenten los niveles del caño ante la necesidad de descarga, niveles que superan a los existentede la zona urbana generando desbordamiento, con evento de inundación, poniendo en riesgo a la población, como sucedió en los años 2008, 2010 y 2012 que afecto a infraestructura y habitantes.

Actualmente, acorde a los estudios topo batimétricos, el caño Soledad y la prolongación del arroyo platanal, evidencian insuficiencia hidráulica no apta para el tránsito de las aguas aportadas por el arroyo platanal actualmente revestido, al rio magdalena y su cuenca hídrica y en caso de presentarse un evento de tormenta conllevaría a su inminente desbordamiento e inundación del casco urbano.

4. JUSTIFICACIÓN

Soledad como ciudad proyectada al futuro, debe de contar con un sistema de drenaje que prevengan en épocas invernales, inundaciones y proliferación de enfermedades que afecten directamente a la población residente dentro y en las inmediaciones de las zonas en riesgo.

En virtud de lo anterior, se requiere de optimización hidráulica del cauce, mediante obras hidráulicas que permitan la remoción de los sedimentos y control de crecidasen geometría y lineamiento especifico, que garantice ancho y profundidad óptima para el tránsito de caudales.

Realizadas las obras de optimización hidráulica, se prevé aumento de la capacidadde hidráulica y abolición del riesgo de inundación en la zona Noreste, ante un eventode tormenta y los daños que esto generaría reflejándose económicamente desde elpunto de vista costo beneficio en inversiones bajas al daño causado de la no intervención.

5. GENERALIDADES DEL SECTOR

5.1 Geografía

El municipio de Soledad se localiza sobre las coordenadas geodésicas en centro de masa 10º - 55´ de Latitud Norte y 74º - 46´ de Longitud oeste.

Como consecuencia de la situación geo astronómica con respecto a la Latitud, el Municipio se encuentra en el hemisferio norte y en la zona intertropical o tórrida y, con respecto a la Longitud, está a 5 horas de diferencia del meridiano de Greenwich

5.2 Límite municipal

El municipio de Soledad limita al norte con el Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla, al oriente con el Rio Magdalena, al sur con el Municipio de Malambo yal occidente con el Municipio de Galapa.

Posee una Extensión total de 67 kilómetros cuadrados (km²), equivalente a 6.700

hectáreas. Su extensión equivale, igualmente, al 1.97% de la extensión total del Departamento del Atlántico en Km2.

Su altitud se ubica a nivel del mar en cinco (5) metros, con una temperatura promedio de 27 a 28 grados Celsius.

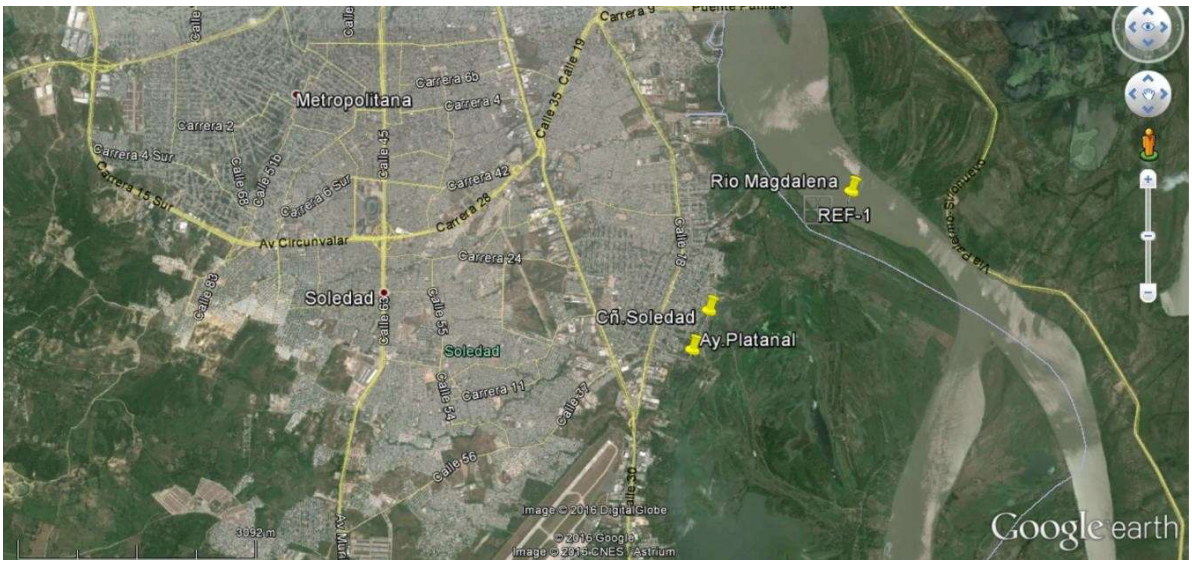


Figura 2 Localización general municipio de Soledad, Departamento del Atlántico.
Fuente: Google Earth

5.3 Hidrología

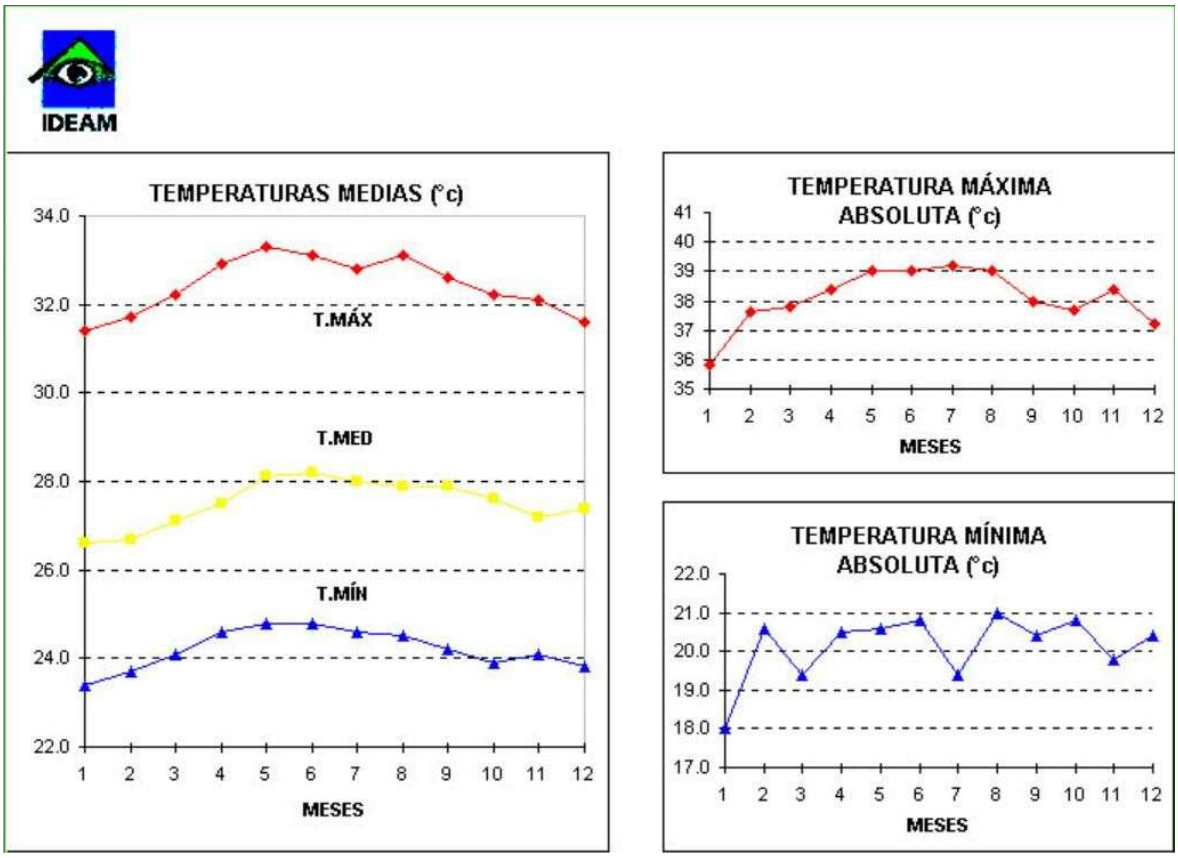
La principal fuente hídrica del municipio de Soledad es el rio Magdalena, que bordea todo el municipio al oriente. También fluyen por su territorio varios caños y arroyosen sentido del occidente – oriente a desembocar al río Magdalena. Los arroyos más significativos son el Don Juan, El Salado y El Platanal, el caño Soledad y la ciénagade mesolandia.

5.4 Economía

El Municipio de Soledad se caracteriza por el gran conglomerado de industrias que desarrollan fundamentalmente actividades como la farmacéutica y la de generaciónde energía termoeléctrica

5.5 Temperatura

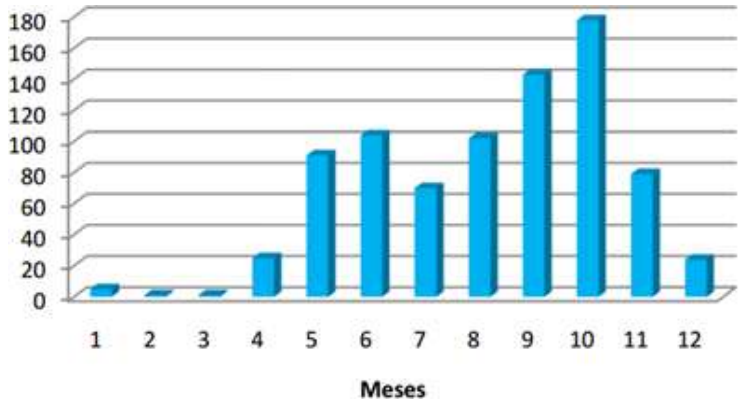
El municipio de Soledad presenta una temperatura media anual de 28 grados Celsius, con valores extremos máximos de 39 ºC, en los meses de mayo, junio, julio y agosto y mínima absoluta de 20ºC en los meses de enero y diciembre.



Gráfica 1 Temperatura municipio de Soledad.

5.6 Precipitaciones

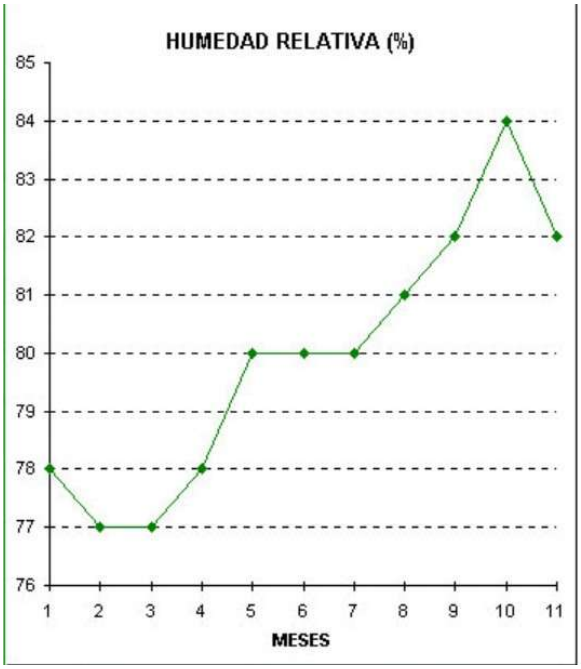
Presenta un período muy definido que va del mes de mayo al de octubre, con lluvias que oscilan entre 70 y 178 mm/mes, constituyéndose este último como el de más altos índices de pluviosidad. El período seco transcurre entre los meses de diciembre hasta abril, con promedios entre 1.0 y 25 mm/mes. Así mismo, el número de días con precipitación oscila a lo largo del año entre 0.0 y 14.0 días. La duraciónde los eventos es en general de 90 minutos, con eventos extraordinarios de duración superior a 120 minutos. Las tormentas son de corta duración, pero de gran intensidad.



Gráfica 2 Precipitación.

5.7 Humedad relativa

Los mayores niveles de humedad se registran en octubre, el mes más lluvioso con 84%, le siguen septiembre y noviembre con 83%, agosto con 81% y mayo, junio y julio con 80%. Los meses de humedad son febrero y marzo con 77%, así mismo la media anual varía entre el 79% y el 81%.

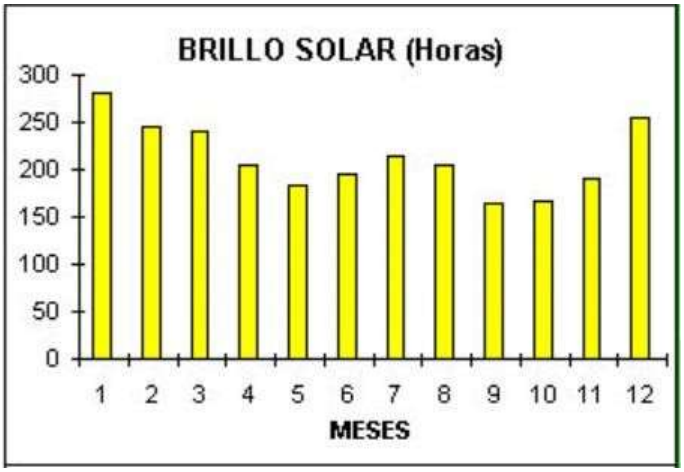


Gráfica 3 Humedad relativa

5.8 Brillo Solar

Los valores promedios mayores de brillo solar se presentan en los meses de diciembre y enero con 253 y 28 horas/mes. Respectivamente. Los meses con

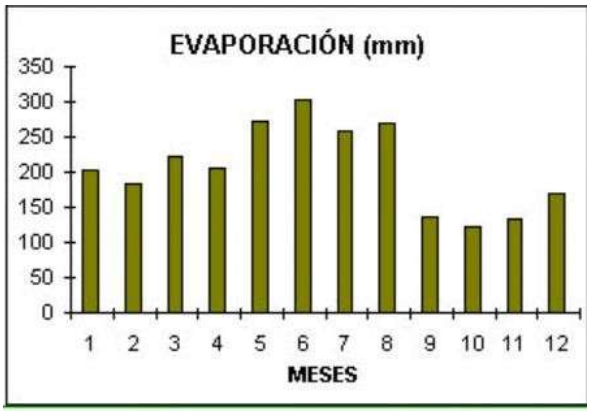
menos brillo solar son septiembre y octubre con 164 y 166 horas/mes; el resto del año oscila entre 188 y 245 horas/mes.



Gráfica 4 Brillo solar

5.9 Evaporación

El mes de mayor evaporación es junio, con un promedio de unos 291 mm y los meses con más baja evaporación son octubre, noviembre y diciembre, siendo octubre el de menor evaporación con 129 mm.



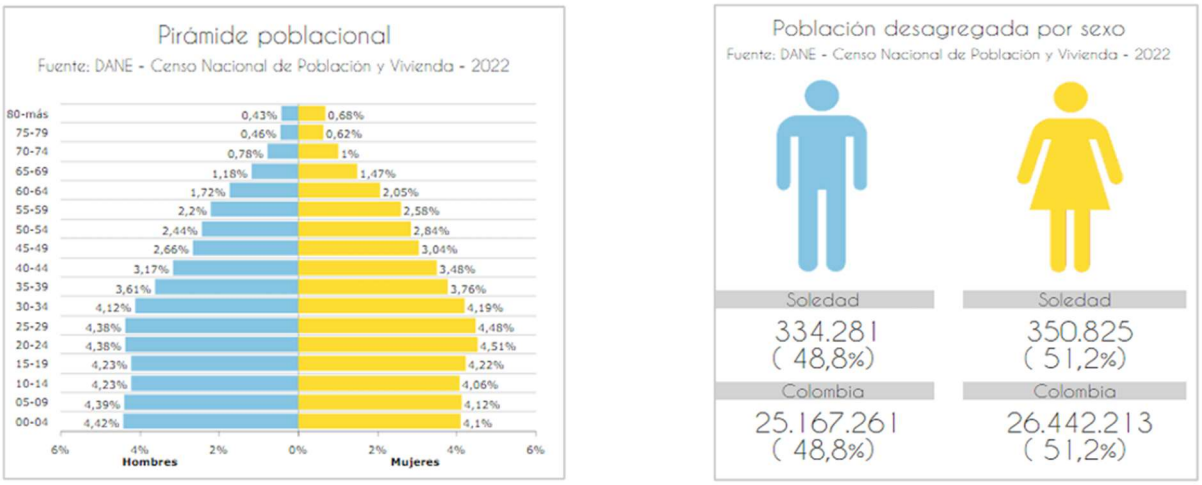
Gráfica 5 Evaporación

5.10 Demografía

La ciudad de Soledad es la 7ª en cuanto a población en Colombia y la 3ª en la región Caribe, después de Barranquilla y Cartagena. También es la ciudad con mayor crecimiento de población en Colombia; Además es la Ciudad No Capital más grande de Colombia.

El municipio de Soledad hoy según el DANE, el municipio cuenta con 685.106 habitantes incluyendo las zonas rurales. Con esto se constata el crecimiento constante y precipitado que ha presentado el municipio.

En el cuadro 1 se evidencia la población del municipio de Soledad distribuida por género, donde se coteja que la mayoría de los habitantes son mujeres con un 51,2% sobre un 48,8% de hombres. Por otro lado, en la estructura poblacional del municipio por rangos de edad y sexo, destaca el rango de edad entre los 20 y 30 años, evidenciando que la población activa más grande pertenece a los adultos jóvenes.

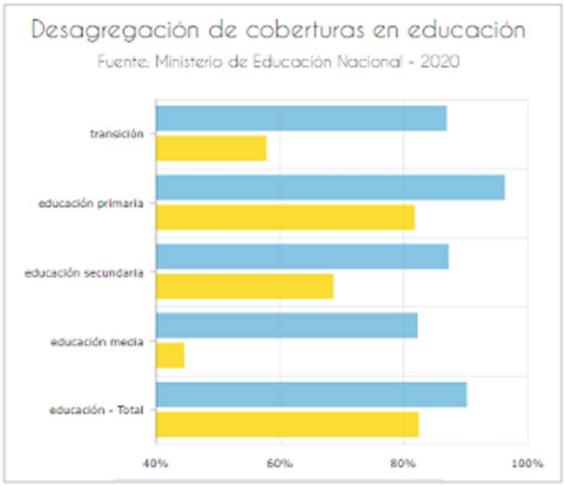


Cuadro 1, Censo poblacional DANE 2018.

5.11 Educación

Es fundamental que el municipio pueda avanzar en el desarrollo de este ámbito aprovechando el interés del gobierno nacional en esta materia. En la misma orientación, la educación es concebida como un componente del indicador de Desarrollo Humano, que potencia mejoras en el desarrollo de los pueblos porque a través de ella se amplían las oportunidades, se mejora la calidad de vida

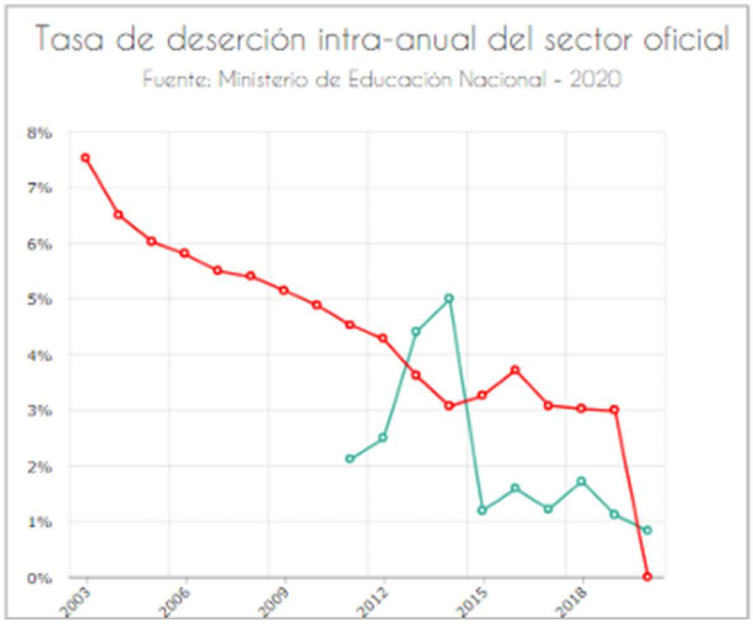
disminuyendo las desigualdades sociales al tiempo que se construye paz.



	Cobertura Bruta	Cobertura Neta
transición	86.85 %	57.73 %
educación primaria	96.28 %	81.71 %
educación secundaria	87.16 %	68.58 %
educación media	82.22 %	44.55 %
educación - Total	90.12 %	82.37 %

Gráfica 6 Cobertura de educación
Fuente Dane 2018

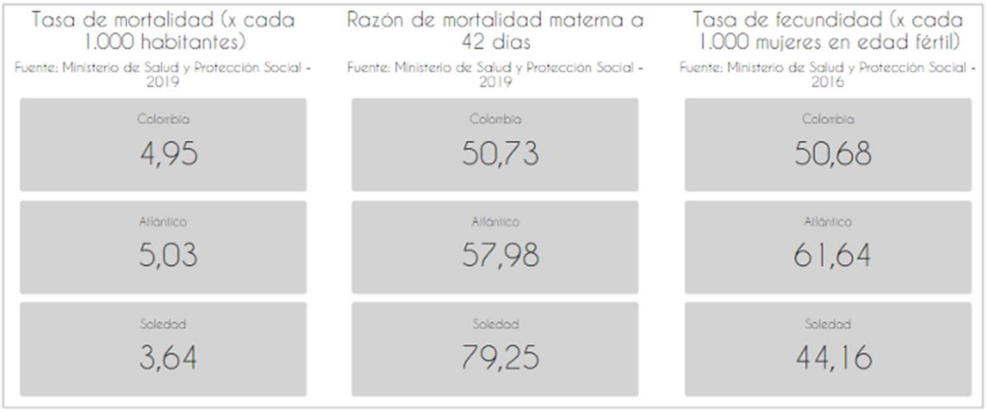
Dentro del municipio, la educación se convierte en un pilar fundamental en el desarrollo no solo social sino también económico de la población soledeña. Sin embargo, en las estadísticas arrojadas por el DANE, la tasa de deserción en el municipio de Soledad se encuentra en un 0.83% con respecto al año 2020.



Gráfica 7 Tasa de Deserción
Fuente: Fuente Ministerio de Educación Nacional – 2020

5.12 Salud

En lo que respecta al sistema general de salud, Soledad cuenta con una cobertura del 98,20% un porcentaje bueno frente a la cobertura general departamental y nacional que se encuentran dentro del mismo puntaje porcentual, sin embargo, la cobertura de vacunación a la primera infancia es baja con respecto a otros municipios, al departamento y al país. Esto supone la creación de proyectos de concientizar a la población sobre la importancia de vacunar a los infantes en los tiempos establecidos, así como la apertura de jornadas de vacunación en distintos sectores del municipio incluyendo las áreas rurales.



Gráfica 8 Cobertura en Salud
Fuente: Ministerio de salud y protección social-2019

La tasa de mortalidad del municipio se encuentra en 4.95 por cada 1000 habitantes en el municipio, una cifra elevada con respecto a las cifras departamentales y nacionales que presenta Ministerio de Salud y Protección social. Esto, supone un problema puesto que la población más afectada se encuentra entre nuevas madres que fallecen dentro de los primeros 42 días después del parto y niños dentro de su primer año de vida. Se hace imperativo tomar medidas con respecto a estas situaciones puesto que el municipio se encuentra por encima de la tasa promedio del departamento y el país con más de 90 puntos porcentuales en la tasa de mortalidad materna.

El porcentaje de vacunación con pentavalente que incluye DTP, se encuentra cinco puntos por debajo del departamento con un porcentaje del 100.4% frente a 98,4% del Atlántico.

5.13 Vivienda

Según los datos del municipio, la vivienda se encuentra en un déficit cuantitativo del 5,0% y un 27,9% en los respectivo a lo cualitativo. Soledad se encuentra por debajo de la tasa departamental que se sitúa en un 14% y 25% respectivamente. Sin embargo, y aunque es un porcentaje relativamente bajo, es necesario generar acciones para mejorar la calidad de vida de las personas que entran en este rango, ya que las situaciones de hacinamiento y baja calidad de vida contribuyen al incremento de fenómenos como abuso sexual y bajo desarrollo de la niñez incrementando a la vez la tasa de accidentalidad por el mal estado de las viviendas.

Es importante también reestructurar la información concerniente a los procesos de registro de predios para el recaudo de catastro y otras obligaciones y para una base de datos más detallada con respecto a los beneficiarios de estos.

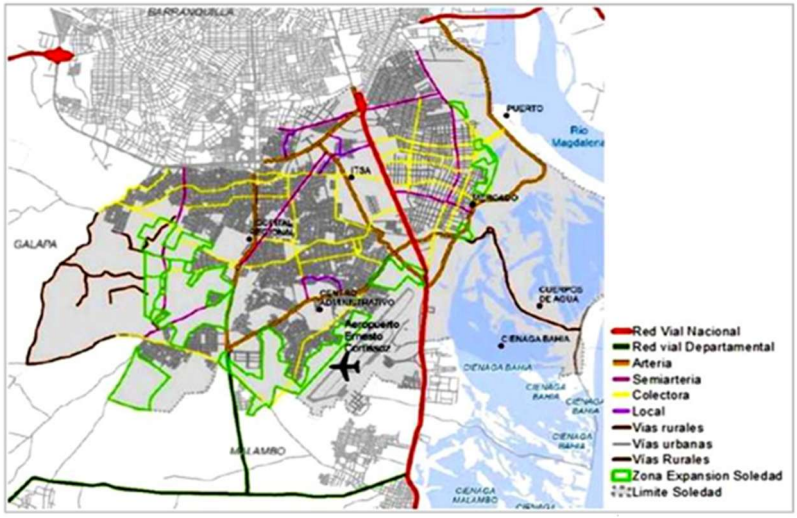
5.14 Agua Potable Y Saneamiento Básico

En los últimos años el municipio ha tenido avances significativos en la prestación de servicios de agua potable y saneamiento básico. En la actualidad el municipio cuenta con una cobertura del 84.2% de acueducto y un 66.0% de alcantarillado. Aunque la cobertura del acueducto municipal alcanza casi el 78.78%, el servicio de suministro de agua necesita mejoras ya que el flujo solo se mantiene pocas horas al día. En este sentido, es necesario mejorar la cantidad y a la vez la calidad del servicio. El servicio de aseo en sus componentes de recolección, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas y comercialización en el municipio de Soledad es prestado por la empresa Aseo Especial Soledad, con una cobertura del 95.5% en el casco urbano, y un porcentaje 9.5 en la zona rural.

En el municipio no se hace ningún tipo de aprovechamiento de residuos y no se lleva a cabo programas de reducción, reutilización y reciclaje de los desechos. No existen instalaciones de aprovechamiento de materiales, ni estaciones de transferencia o sitios de acopio temporal de material inerte (escombros).

5.15 Vías

El estado actual de la infraestructura vial del municipio muestra en la ilustración siguiente, que la conectividad municipal está ligada a las vías de conexión metropolitana, de mayores especificaciones y en sentido norte-sur. Esto ha conllevado a procesos de urbanización y desarrollo a lo largo de dichas vías, incrementando la desconexión en sentido oriente-occidente y la segregación urbana por corredores longitudinales.



Gráfica 9 Infraestructura vial del municipio
Programa POT Modernos (2019). 2020.

5.16 Cultura

El municipio de Soledad cuenta con un listado de bienes que son producto de diversas declaratorias hechas mediante actos administrativos nacionales, departamentales y municipales:

Bienes de Interés Cultural (BIC)	Ámbito	Tratamiento	Declaratoria	Total
La casa de Bolívar	Nacional	Tratamiento Tipo 1, conservación integral	Decreto Nacional 390 del 17 de marzo de 1970 del Ministerio de Educación.	2
La iglesia parroquial "San Antonio de Padua"	Nacional	Tratamiento Tipo 1, conservación integral	Ley 532 del 5 de noviembre de 1999.	

Tabla 1 Bienes de Interés Cultural a nivel Nacional en el municipio de Soledad
Fuente: Secretaría de cultura. 2020.

Patrimonio Cultural declarado del ámbito Departamental

El Patrimonio Cultural Inmueble que ha sido declarado por ordenanza departamental son los siguientes:

• Decreto departamental No. 597 de 2013, edificación ubicada en la calle 15 No. 21A-48 en el barrio Centro del municipio de Soledad conocida con el nombre de la "Mano de Dios"
• Ordenanza 026 del 23 de noviembre de 1970 por la cual se declara el interés histórico y turístico de la siguiente vía pública que conduce de la Autopista Internacional al Aeropuerto Internacional hasta la casa que habitó el Libertador en el Municipio de Soledad, a través de la carrera 19 y plaza de la Iglesia de dicho Municipio
• Ordenanza 062 de 1996 reconoce la declaratoria de la Iglesia San Antonio de Padua, tres años después que la declaratoria nacional.

Patrimonio Cultural declarado del ámbito Municipal.

A través del acuerdo municipales mediante la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial la necesidad de implementar acciones correctivas y de recuperación de espacios con valor histórico para el municipio: La casa de Bolívar, La iglesia parroquial, Las ruinas de la casa de la familia Domínguez, La biblioteca Melchor Caro, La sala Teatro Olimpia y La casa Cural.

Con el Decreto 0336 de 2007, se inventariaron un número de bienes Inmuebles en la categoría, en conservación histórica, urbanística y arquitectónica en el articulado principal del POT, tales como:

Categoría	Numero de Bienes de Interés Cultural
Conservación arquitectónica y el nivel de conservación integral	3
Conservación arquitectónica en el nivel de conservación especial	23
Conservación arquitectónica en el nivel de Conservación Topológica	39
Total	65

Tabla 2 Bienes de Interés Cultural según la categoría de conservación en el municipio de Soledad
Fuente: Secretaría de cultura. 2020

Con el Decreto 514 de 2016 se inventariaron un número de bienes Inmuebles en los niveles o categorías de intervención para aplicarles el tratamiento, tales como:

Nivel o Categoría	Numero de Bienes de Interés Cultural
Nivel 1: Conservación Integral	3*
Nivel conservación del tipo arquitectónico	23
Total	26

Tabla 3 Bienes de Interés Cultural según el nivel y/o categoría de conservación en el municipio de Soledad
Fuente: Secretaría de cultura. 2020.

5.17 Economía

En cuanto a su economía el municipio de Soledad se caracteriza por ser un centro industrial y de servicios, con una fuerte integración a la ciudad de Barranquilla y consecuentemente con una función de ciudad dormitorio. De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial, vigente, los sectores económicos de Soledad están representados así: Sector primario. La economía del sector primario en el municipio de Soledad es escasa y se localiza en sectores específicos.

5.17.1 Agricultura

La agricultura cuenta con alrededor de 1.979 personas que tienen concentrada su actividad en las riberas del Río Magdalena y a orillas de la Ciénaga de Soledad. Estos desembarcan sus productos diariamente en las horas de la mañana y de la tarde en el puerto de Soledad cerca al mercado y de aquí son vendidos a

intermediarios, algunos mayoristas, para luego distribuirlos a otros centros de la misma población o llevarlos a otros municipios o a la ciudad de Barranquilla; algo similar sucede con la pesca.

5.17.2 Ganadería

Hoy en día quedan aproximadamente 80 hectáreas de tierras con pastos para ganadería. Según el último ciclo de vacunación efectuado entre el mes de mayo y julio de 2007 hay un total de 1360 animales bovinos y 37 fincas. En cuanto a la ganadería porcina, no se tiene un buen manejo técnico, higiénico y sanitario; en el basurero “la Concepción”, se encuentra un criadero de cerdos, situación peligrosa por el foco infeccioso que este representa, atentando contra la salud humana. Según información de la UMATA en este criadero se encuentran más de 1.000 porcinos a los cuales esta Entidad les presta el servicio de vacunación contra la peste clásica porcina (P.C.P). Se cuenta sin embargo con 130 cerdos en la zona deGran Abastos criados en forma tecnificada y con buenos manejos higiénicos y sanitarios.

5.17.3 Pesca.

La actividad pesquera en el Municipio de Soledad es realmente pobre, debido al mal manejo que se le ha dado a los cuerpos de aguas (caños y ciénagas), que se encuentran en los alrededores del Municipio, ya que por la contaminación que reciben de las aguas residuales y de lluvias de todas las urbanizaciones, se encuentran contaminados con aguas descompuestas, caso puntual es el de caño viejo de Soledad. La poca pesca en Soledad se realiza en la bahía, parte del caño viejo por los lados de cabica y en el río Magdalena; entre las especies obtenidas tenemos moncholo, bocachico, lisa y mojarra lora; esta se practica en forma artesanal. Por otro lado, los pescadores de Soledad se van a pescar al caño Clarín, isla de Pensilvania que hace parte del departamento del Magdalena que está al otro lado del río Magdalena.

5.17.4 Actividades económicas industriales

Las actividades industriales se destacan entre otras: la madera, los sectores farmacéuticos, los productos avícolas, alimenticios, el energético, y el metalmecánico. Industria manufacturera: Debido a los incentivos que el municipio ofrece a la actividad industrial, como también a la proximidad a la Zona Franca, vías de comunicación y la integración espacial con Barranquilla, Soledad es un municipio que brinda facilidades para el desarrollo industrial; es así como encontramos en su territorio, entre otras, a las siguientes importantes industrias y la actividad que realizan: Rohn an has (productos químicos); Ingral (productos pecuarios y agrícolas); Arrocera olímpica (empacadora de arroz); Papeles del norte (producción

de papel y cartón); Nalco de Colombia (tratamiento de agua); Mercapollo y Pimpollo (procesamiento de pollos); Nutridías (alimento para animales); Saab (textiles); Gamma (estructuras metálicas); Cartonaje (cartón); Láminas del caribe (láminas de madera); Bayer (distribución de productos farmacéuticos); Tebsa (energía).

El sector industrial del municipio de Soledad está constituido, según datos estadísticos de la Cámara de Comercio de Barranquilla, por 126 establecimientos dedicados a diferentes actividades económicas, desde industrias alimenticias hasta industrias dedicadas a la elaboración de huacales.

6. ESTUDIO SE SUELOS

El presente estudio contiene los resultados y conclusiones obtenidos en la investigación geotécnica realizada en el caño Soledad y sus afluentes, en donde se proyectan obras de recuperación hidráulica del caño se Soledad en marco de la gestión del riesgo de desastre en el municipio de soledad departamento del Atlántico

6.1 Objetivos Y Alcance Del Estudio

El trabajo se realizó en el mes de febrero del 2024, en el municipio de Soledad departamento del Atlántico, sobre el caño Soledad y sus afluentes, con cobertura desde la desembocadura del arroyo el Platanal en la calle 11 Carrera 14 de la nomenclatura urbana de Soledad, hasta su desembocadura en el rio Magdalena, trabajos que se realizaron por solicitud de la Corporación Autónoma Regional del

Atlántico – CRA y sus alcances principales se resumen a continuación:

- ✓ Determinar la estratigrafía del sub-suelo en el caño Soledad y sus afluentes para conocer su identificación.

6.2 Localización

El proyecto está ubicado en el municipio de Soledad, departamento del Atlántico sobre el caño soledad en las coordenadas geodésicas en latitud Norte 10°55'41.02", Longitud Oeste 74°44'52.94" a una altitud de 5 msnm.

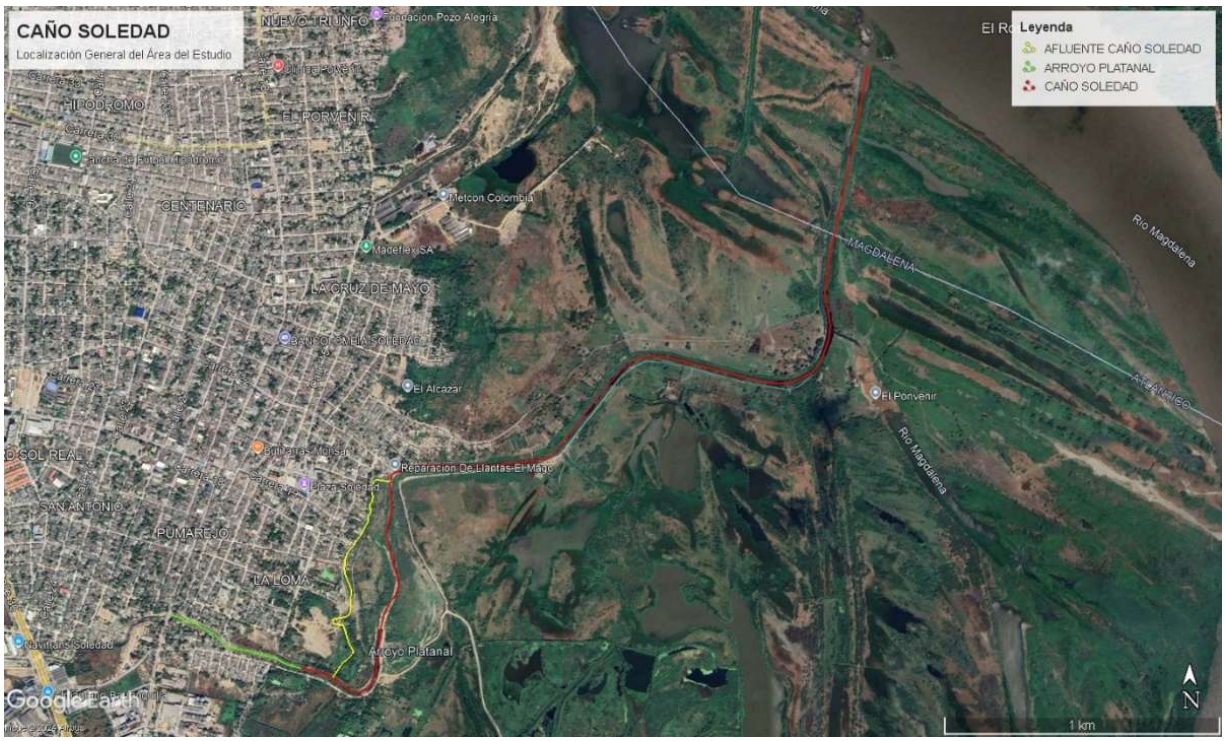


Figura 3 Localización general estudio Geotécnico
Fuente: Google Earth

6.3 Descripción Del Proyecto

El proyecto consiste en la determinación del perfil estratigráfico del fondo del caño sobre cinco (5) puntos específicos localizados en las siguientes coordenadas:

SONDEO N°	LATITUD	LONGITUD

1	10°54'32.11"N	74°45'39.49"O
2	10°54'59.34"N	74°45'17.72"O
3	10°55'40.36"N	74°44'39.21"O
4	10°54'37.50"N	74°45'41.74"O
5	10°54'53.32"N	74°45'38.96"O

Tabla 4 Ubicación de Sondeos

- ✓ Profundidad de muestreo: 6 metros.

6.4 Características Del Sitio

El lugar de estudio presenta unas características típicas de una zona urbana, actualmente el sitio en estudio corresponde a la sección del arroyo natural. La vegetación presente en el predio es de media altura, estando conformado por árboles y rastrojos típicos de la zona.

6.5 Topografía Y Vegetación Presente

El terreno posee una configuración topográfica relativamente plana, la cual se toma como representativa para el terreno en estudio. Se presume que cualquier indicio que arroje un diferencial de cota en algunos puntos no excederá 2,00 metros. La cobertura vegetal que presenta la zona en estudio está conformada por árboles y rastrojos típicos de la zona. No se detectaron accidentes geomorfológicos, generales o locales (cavernas, oquedades, etc.) que representen riesgo alguno para la estabilidad de las estructuras proyectadas.

6.6 Geología Local

En el Departamento del Atlántico afloran rocas sedimentarias en su mayoría de origen marino de edad paleógena, neógena y depósitos cuaternarios litorales y continentales que forman parte de los cinturones de San Jacinto y Sinú. Los procesos de sedimentación y depositación de materiales marinos y continentales que aún continúan. En razón de este origen se encuentran en su territorio depósitos de rocas calizas, silíceas, arcillas y areniscas.

Desde el punto de vista geológico todos los materiales de la ciudad de Barranquilla

son de origen sedimentario, depositados durante el Cuaternario y un pequeño sector originado en el Paleógeno.

Con base al mapa geológico de Colombia, elaborado por parte del INGEOMINAS del año 2007, la zona donde está ubicado el predio donde se construirá la infraestructura, correspondiente al municipio de Soledad, es un sector identificado por encontrarse la formación Qal, que corresponde a depósitos aluviales, Relacionados con depósitos de ríos y conformados normalmente por depósitos arenas, gravas, y en menor proporción de arcillas y limos. La edad de esta formación pertenece al cuaternario. Además de los depósitos aluviales, en la zona en estudio se pueden encontrar las formaciones identificadas como Q-e (depósitos eólicos). el cual comprende depósitos eólicos (dunas) y loes.

Los depósitos eólicos son los sedimentos eólicos antiguos y los recientes, es decir, los grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa.

Los cuerpos de dunas más antiguos fueron identificados y descritos como Dunas por Raasveldt (1957), al referirse a una unidad fotogeológica que se encuentra ampliamente distribuida en los alrededores de Sabanalarga, Palmar de Varela, Santo Tomás y que se extiende hasta Barranquilla en el norte. Posteriormente, Khobzi (1981) hace referencia a una serie de dunas de tipo libre de formas parabólicas que ocurren entre los municipios de Soledad y Ponedera. Según este autor, el área de aporte para estos sedimentos estuvo situada en la zona ocupada actualmente por el mar y la ciénaga de Santa Marta. Caro et al. (1985) indican una dirección del viento noreste- suroeste, y su origen estaría relacionado probablemente al retrabajamiento y transporte por el viento de sedimentos fluviales en áreas con largos períodos secos, asociados al río Magdalena en sus períodos de inundación.

Los depósitos eólicos más antiguos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa, e inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla. Sus mejores afloramientos se encuentran en las canteras de los alrededores de Santo Tomás; constan de arenas de grano fino a medio, constituidas principalmente por cuarzo y feldespatos, de color blanco amarillento. Su espesor es inferior a 20 metros.

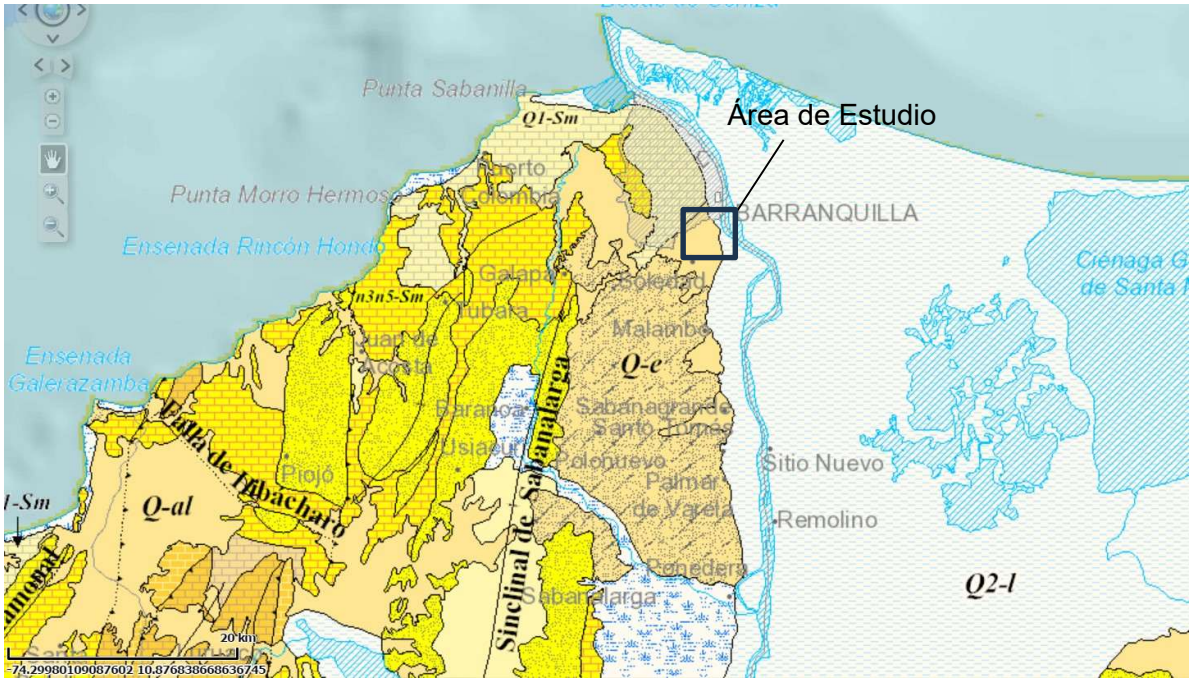


Figura 4 Mapa geológico del sector. Q-e (depósitos eólicos),
Fuente: INGEOMINAS 2007.

6.7 Descripción Geomorfológica

El Distrito de Barranquilla y su área metropolitana, pertenece al delta del río en su margen derecha. En la margen izquierda se presenta una zona colinada que corresponde a las estribaciones de la Serranía de San Jacinto.

El actual complejo deltaico es el resultado final de la colmatación progresiva de la depresión estructural de la ciénaga Grande de Santa Marta, proceso que de acuerdo con el IDEAM Universidad Nacional (1998) comprendió la construcción de un delta

en tres etapas: un primer delta denominado paleodelta de Salamina, un segundo paleodelta de avance denominado de Sitionuevo y el delta actual que marca el arribo del río Magdalena al litoral actual (Vargas G., 2005).

El relleno de la depresión se produjo durante el Holoceno Superior (últimos 3.000 años), comenzando con un nivel del mar 2.5 m más bajo del actual, el cual asciende a la vez que el río avanza hacia el mar y rellena el espacio con sedimentos. En la actualidad, la extensión del delta del río es limitado por la presencia de la plataforma continental con un cañón submarino, y la exposición directa al oleaje. Desde hace 80 años con la construcción de las estructuras de encauzamiento del río en la desembocadura, se ha modificado sustancialmente la dinámica litoral.

6.8 Investigación Ejecutada

6.8.1 Investigación De Campo

Teniendo en cuenta la descripción del proyecto, y en el marco del objetivo específico, se programó y ejecutó cinco (5) perforaciones a profundidades máximas de Seis (6) metros, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 5 Localización general de los sondeos estudio Geotécnico.
Fuente: Google Earth

Para la ejecución de las perforaciones, se utilizó un equipo de percusión y lavado marca Acker, el cual posee un martillo de peso 63.5 Kilogramos, con caída libre a 30 pulgadas (76 cms).

La densidad “In Situ” de los suelos se determinó mediante ensayos normales de penetración, con intervalos no mayores de 0.50 metros. El ensayo consiste en contar el número de golpes necesario para hacer penetrar un elemento normalizado (Penetrómetro) una distancia de un pie (30 cms), en el suelo.

6.8.2 Ensayos De Laboratorio

En las perforaciones ejecutadas, se tomaron muestras de naturaleza alterada, las cuales se consideran representativas del perfil natural del terreno.

Las muestras seleccionadas, fueron sometidas en el laboratorio a los ensayos principales de acuerdo con las necesidades y naturaleza de los suelos encontrados.

6.9 Geotecnia Del Perfil Estratigráfico Y Discusión De Los Resultados

6.9.1 Estratigrafía

Del resumen anterior y del análisis de los registros de perforación, se deduce que el sub-suelo del lugar posee la siguiente estratigrafía:

Desde la superficie hasta la profundidad de 6.00mts se encuentra una capa de arena media color gris, no plástica, con un contenido de finos próximo a 16.6%, bien gradada y clasificada como SM según el sistema unificado de suelos. Su compacidad relativa es de dura.

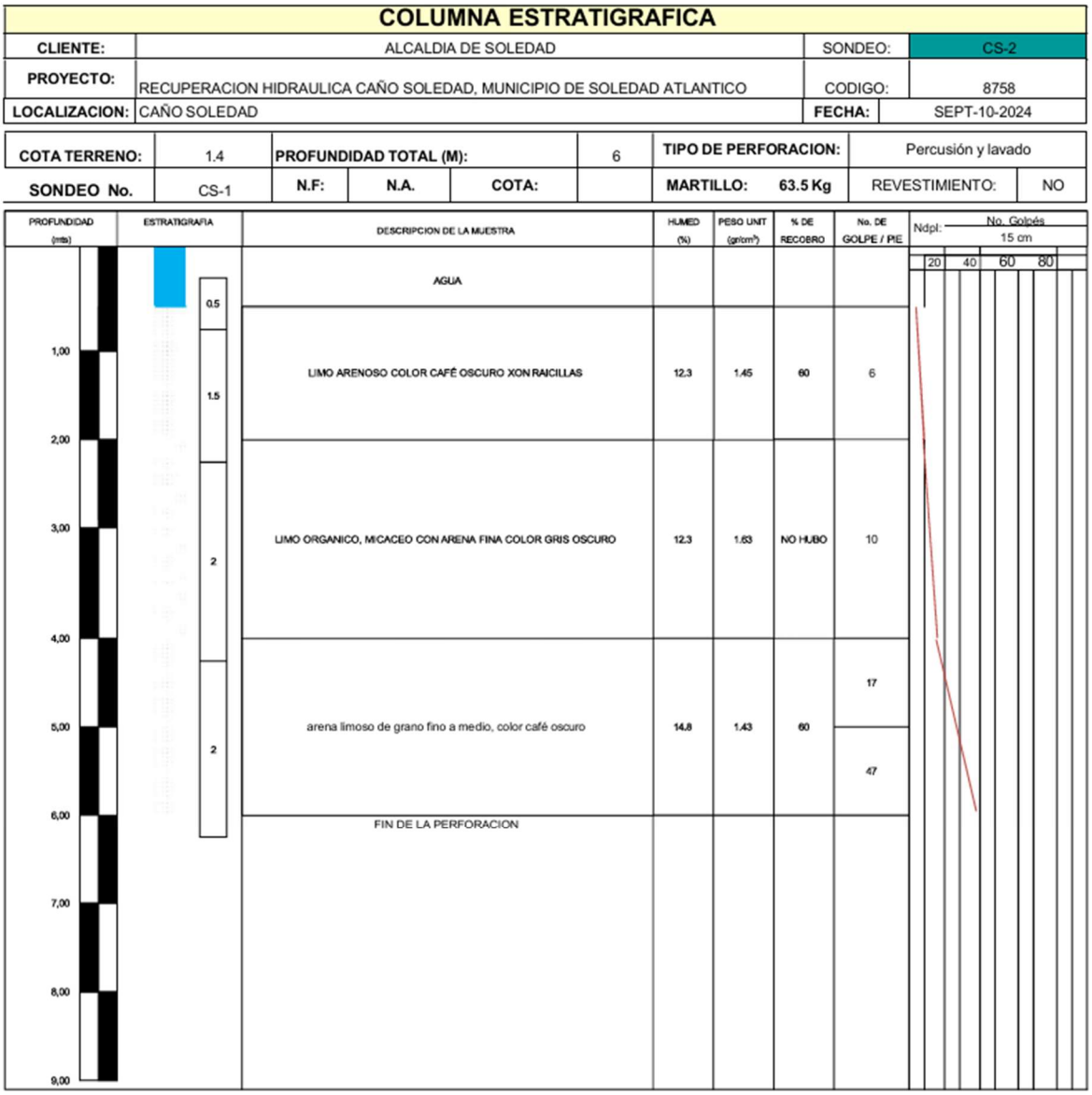
COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CLIENTE:	ALCALDIA DE SOLEDAD	SONDEO:	CS-1
PROYECTO:	RECUPERACION HIDRAULICA CAÑO SOLEDAD, MUNICIPIO DE SOLEDAD ATLANTICO	CODIGO:	8758
LOCALIZACION:	CAÑO SOLEDAD	**FECHA:**	SEPT-10-2024

COTA TERRENO:	1.4	**PROFUNDIDAD TOTAL (M):**			6	**TIPO DE PERFORACION:**		Percusión y lavado	
SONDEO No.	CS-1	**N.F:**	**N.A.**	**COTA:**		**MARTILLO:**	**63.5 Kg**	REVESTIMIENTO:	NO

PROFUNDIDAD (mts)	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	HUMED (%)	PESO UNIT (gr/cm³)	% DE RECOBRO	No. DE GOLPE / PIE	Ndpt: No. Golpes / 15 cm
1,00	4	Limo orgánico micaceo color café oscuro	12.5	1.78	80	7	
2,00							
3,00							
4,00	2	Arcilla de plasticidad alta color gris oscuro con algo de arena	12.5	1.63	80	9	
5,00							
6,00		Arena limosa de grano grueso cuarzosa color gris Fin de la Perforación	14.3	1.45	60	40	
7,00							
8,00							
9,00							

Gráfica 10 Perfil estratigráfico sondeo N°01



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

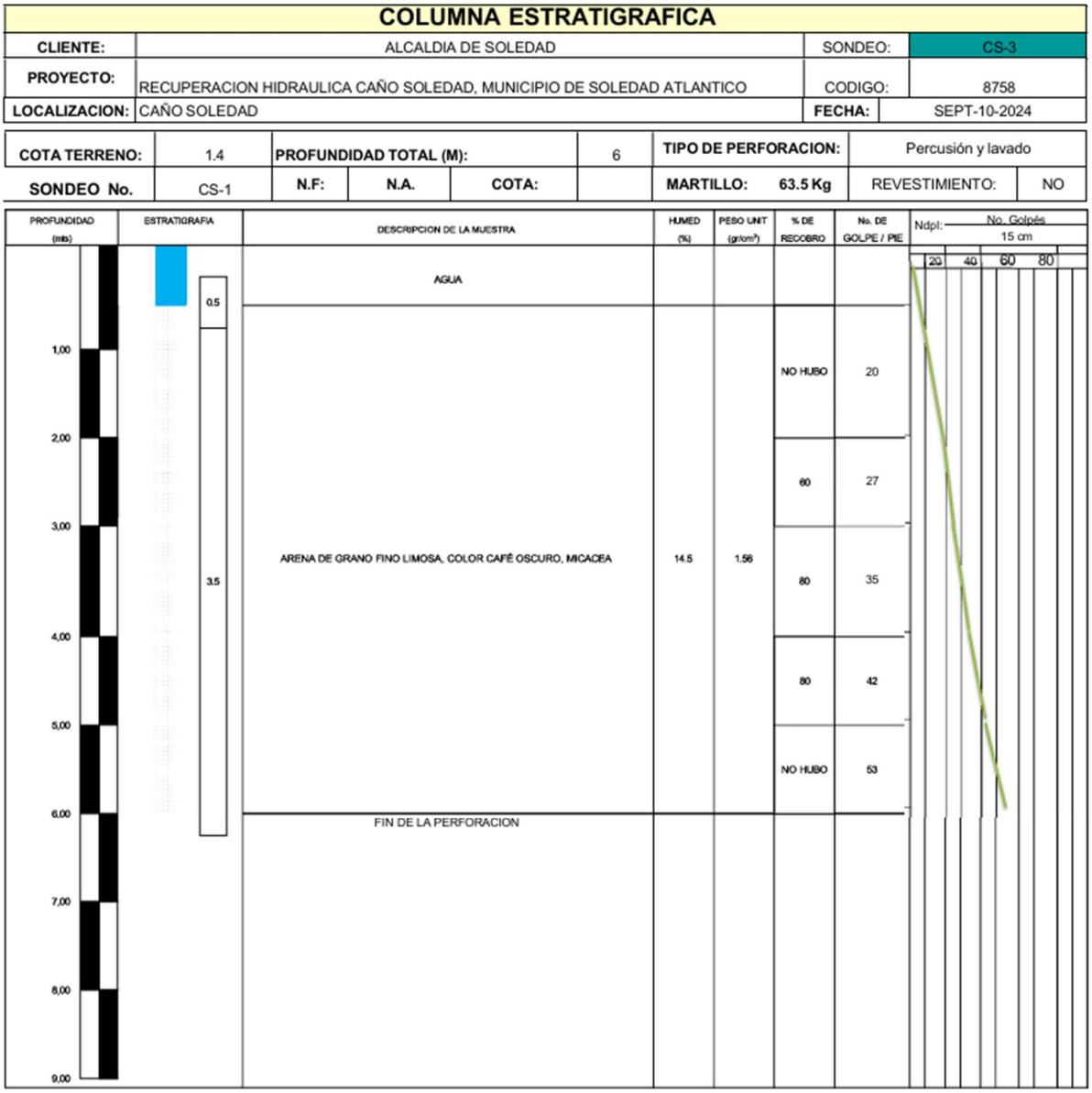
CLIENTE:	ALCALDIA DE SOLEDAD	SONDEO:	CS-2
PROYECTO:	RECUPERACION HIDRAULICA CAÑO SOLEDAD, MUNICIPIO DE SOLEDAD ATLANTICO	CODIGO:	8758
LOCALIZACION:	CAÑO SOLEDAD	**FECHA:**	SEPT-10-2024

COTA TERRENO:	1.4	**PROFUNDIDAD TOTAL (M):**			6	**TIPO DE PERFORACION:**	Percusión y lavado	
SONDEO No.	CS-1	**N.F:**	**N.A.**	**COTA:**		**MARTILLO:** 63.5 Kg	REVESTIMIENTO:	NO

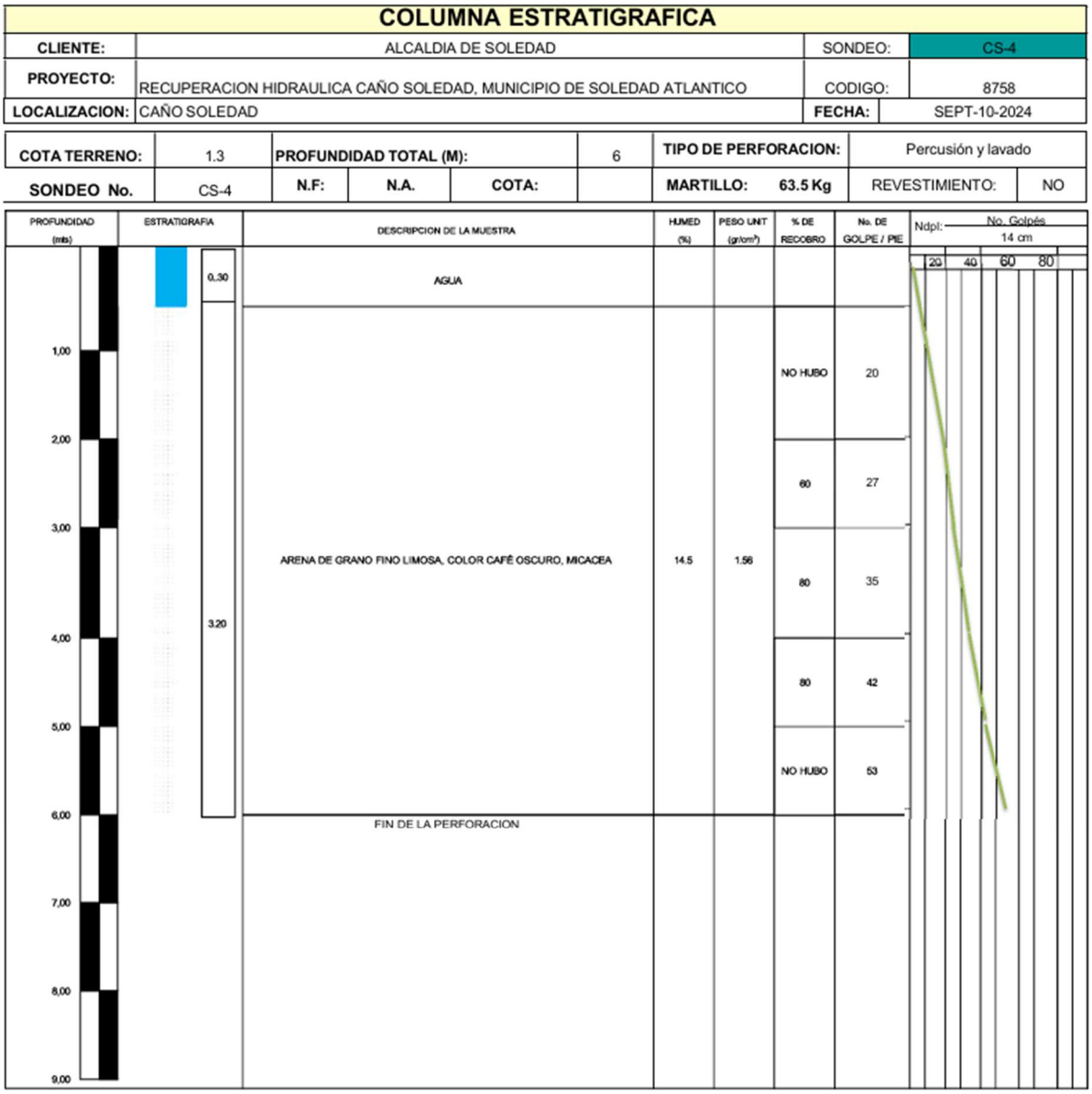
PROFUNDIDAD (mts)	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	HUMED (%)	PESO UNIT (gr/cm³)	% DE RECOBRO	No. DE GOLPE / PIE
	0.5	AGUA				
1,00	1.5	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO XON RAICILLAS	12.3	1.45	60	6
2,00						
3,00	2	LIMO ORGANICO, MICACEO CON ARENA FINA COLOR GRIS OSCURO	12.3	1.63	NO HUBO	10
4,00						
5,00	2	arena limoso de grano fino a medio, color café oscuro	14.8	1.43	60	17 / 47
6,00		FIN DE LA PERFORACION				
7,00						
8,00						
9,00						

Ndpl: No. Golpés 15 cm — 20 40 60 80

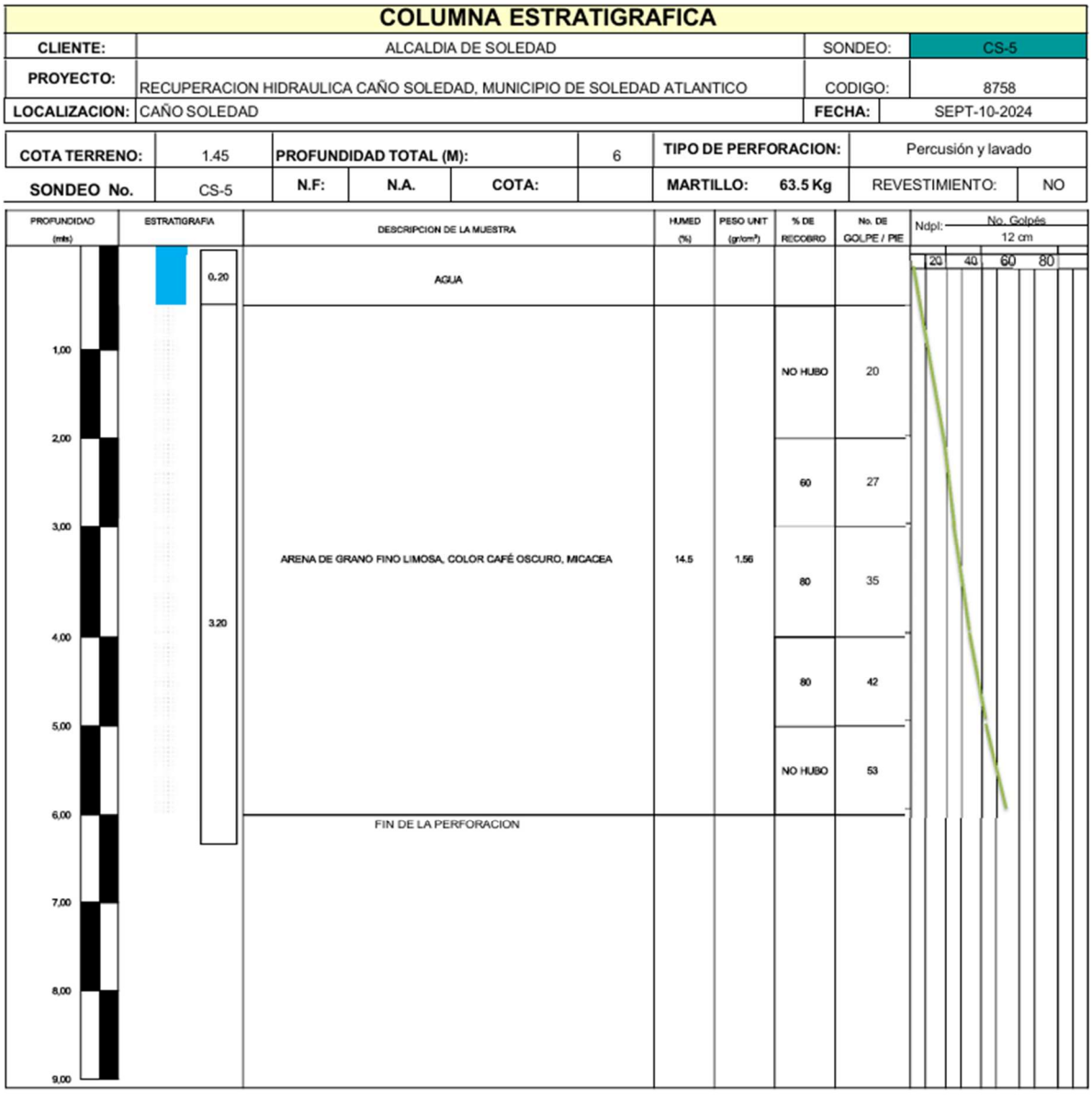
Gráfica 11 Perfil estratigráfico sondeo N°02



Gráfica 12 Perfil estratigráfico sondeo N°03



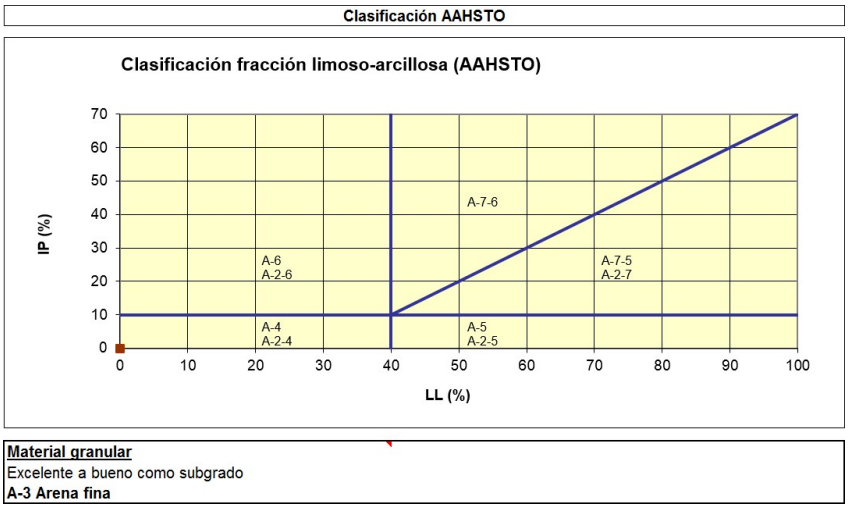
Gráfica 13 Perfil estratigráfico sondeo N°04



Gráfica 14 Perfil estratigráfico sondeo N°05

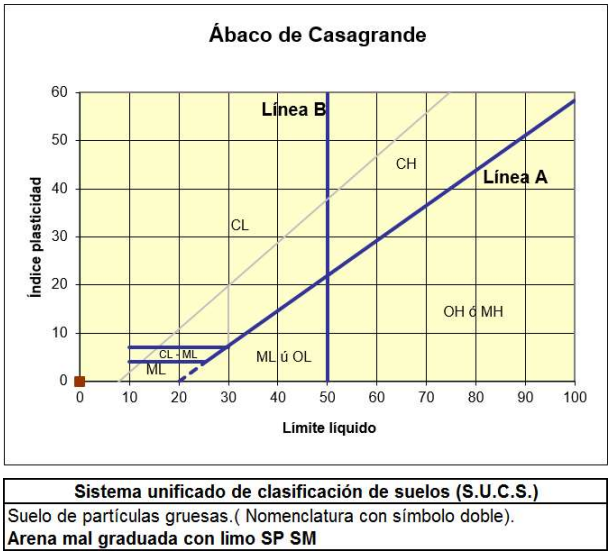
6.9.2 Granulometría

Del análisis de los registros de perforación en el cauce de la prolongación del arroyo platanal y del caño Soledad, este presenta suelos con compacidad relativa como dura, con materiales clasificados acorde a la AAHSTO como material granular tipo A-3, Arenas finas de excelentes a buenas como material sub gradado, con Tamiz No. 200 de 7.63%.

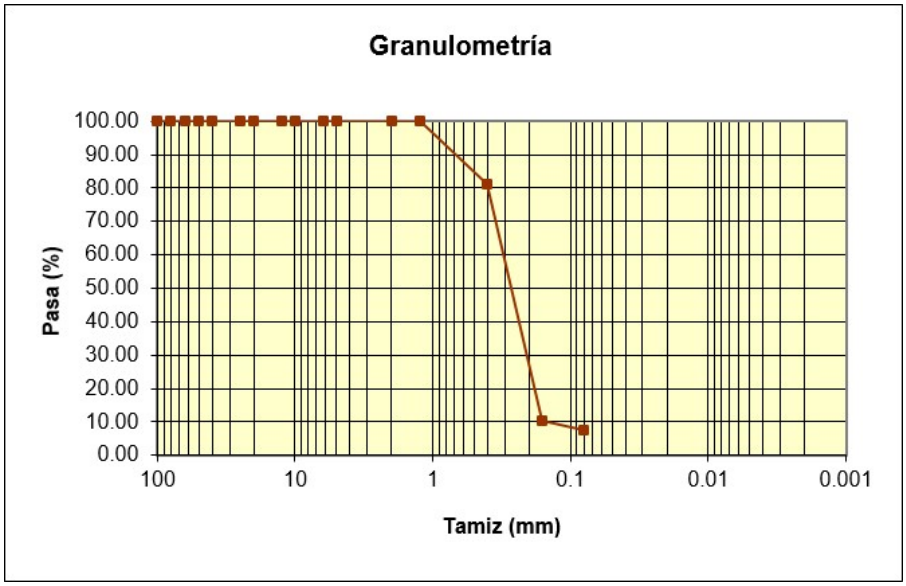


Gráfica 15 Clasificación del suelo sistema AAHSTO

Acorde al sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, se clasifica como una arena mal graduada con limo del tipo SP SM según Abaco de Casagrande.



Gráfica 16 Abaco de Casagrande, sistema unificado de clasificación de suelos SUCS



Gráfica 17 Granulometría de los materiales

Los estratos encontrados hasta la profundidad de 6.00 m a las que se ejecutó la perforación, están identificados por arenas medias limosas no plásticas de consistencia media a dura, con una condición de capacidad portante del terreno estudiado definido como regular, con valores entre 8 y 20 Ton/M2

6.9.3 Columna De Agua

Al realizar las perforaciones, por la localización y características del sector tratándose de un cuerpo hídrico, las muestras se desarrollaron bajo columnas de agua en rangos de 0.30 a 1 metros.

6.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estratos encontrados hasta la profundidad de 6.00 mts, están identificados por arenas medias limosas no plásticas de consistencia media a dura.

La condición de capacidad portante del terreno estudiado lo definimos como regular, con valores entre 8 y 20 Ton/M^2.

7. ESTUDIO TOPOBATIMETRICO

7.1 Resumen

Se desarrollaron los trabajos de caracterización topo batimétrica del caño Soledad en una longitud de 3.745,96 metros en su afluente principal y en su afluente auxiliar con una longitud de 817,80 metros, forjándose esta como la primera actividad a realizar para el desarrollo de los estudios hidrológicos e hidráulicos del sector, los cuales se registran en el informe detallado del estudio topográfico y su respectiva cartografía.

Los trabajos consistieron específicamente en la obtención del relieve del cauce mediante proceso altimétrico, planimétrico y altimétrico denominado topo batimetría, implementando para ello tecnología de punta: estaciones totales, sistema de posicionamiento global diferencial y equipo especializado para labores de batimetría, apoyados en herramientas informáticas para toma directa de datos de campo como son: Hypack Gold, ToplinK y GNSS y de oficina como lo es el AutoCAD y microsurvey.

Los resultados de dicho estudio determinaron que el caño Soledad, presenta nivelesen su cauce del orden de los -2.30 m.s.n.m. (Metros Sobre el Nivel del Mar) y 0.10 m.s.n.m.., sobre las márgenes presenta niveles del orden de los 1.5 a 5 m.s.n.m.

Del área total del caño 53.400 m2 delimitada por sus márgenes, el 5 por ciento presenta niveles en el rango de -2 a -1 m.s.n.m., el 205 presenta niveles en rango de -1 a 0 m.s.n.m. y el 75 por ciento restante niveles en el rango de 0 a 1 m.s.n.m., condición ultima que evidencia un alto grado de colmatación por sedimentación.

La cartografía obtenida de dicho proceso elaborada a escala 1:1000 y registra el estado actual del cauce del caño Soledad.

7.2 Objetivos

Los trabajos de levantamiento topo batimétrico tienen por objeto lo siguiente:

- Caracterizar los diferentes accidentes del relieve a nivel topográfico en lossectores objeto.
- Generar cartografía en planta perfil
- Generar secciones transversales
- Materializar puntos de control o BMS para su replanteo

7.3 Obtención de información principal

Para el desarrollo de los trabajos se contó con la siguiente información:

- Cartografía del sector a escala 1:15000, del instituto geográfico AgustínCodazzi,
- Puntos geodésicos cercanos Materializados por el instituto geográfico AgustínCodazzi,
- Fotografías satelitales Google earth,2024,

7.4 Recopilación Información De Campo

7.4.1 Recurso Humano

El proyecto fue dirigido y conducido en campo por una comisión topográfica compuesta de un profesional de Topógrafo y auxiliares de Topografía.

La información en oficina fue digitalizada y procesada mediante herramienta informática GNSS Trimble y Civil 3d para la generación de cartografía.

7.4.2 Recurso Técnico

Para lograr una mayor cobertura y obtener información copiosa de manera rápida y económica, se utilizaron herramientas de tecnología de punta, que se describen a continuación.

7.4.3 Equipo de campo

- Nivel de precisión marca Topcon AT,
- Estación total marca Gowin TKS-202
- Sistema GPS GNSS RTK, CHCI80
- Ecosonda Digital, marca RAYTHEON DE719MK2
- Computador portátil
- Software especializado TRIMBLE
- Cámara fotográfica
- Radios de comunicación UHF

7.4.4 Equipo de oficina

- Estaciones de trabajo de alto rendimiento corel i7 Intel Inside
- Software: Micro survey, Topcon Link, GNSS de asttech, Hypack y Autocadcivil 3d

7.4.5 Levantamiento topo Batimétrico

La caracterización de los diferentes accidentes del relieve del sector, se llevó a caboen tres(3) procesos: Batimétrica, Planimétrica y Altimétrica, el proceso batimétrico se implementó para la determinación de niveles de fondo, el proceso Planimétrico para la posición horizontal de orillas y detalles urbanísticos y proceso altimétrico para la caracterización del relieve; procesos conjuntos, que permiten la obtención de los datos de campo directos para la generación de cartografía del sector estudio.

7.4.6 Apoyo cartográfico

La información cartográfica, optada para la realización del estudio se ajusta al marco geocéntrico nacional y su sistema cartográfico denominado MAGNA-SIRGAS; para lo cual se utilizaron puntos de control de dicha red que permitieron definir su posición en coordenadas Geodésica y altitud en metros sobre el nivel del Mar.

7.4.7 Puntos de control

7.4.7.1 Horizontal

Para el control horizontal en proceso planimétrico, se utilizó el punto denominado NP-A6-TN5 del instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con la siguiente información cartográfica.

Point Name	Northing (m)	Easting (m)	Latitud (N) dd-mm-ss.ss	Longitud W dd-mm-ss.ss
NP-A6-TN5	1703110.36	926648.182	10-57-10.607	74-44-54.849

Tabla 5 Puntos de referencia cartográfica.

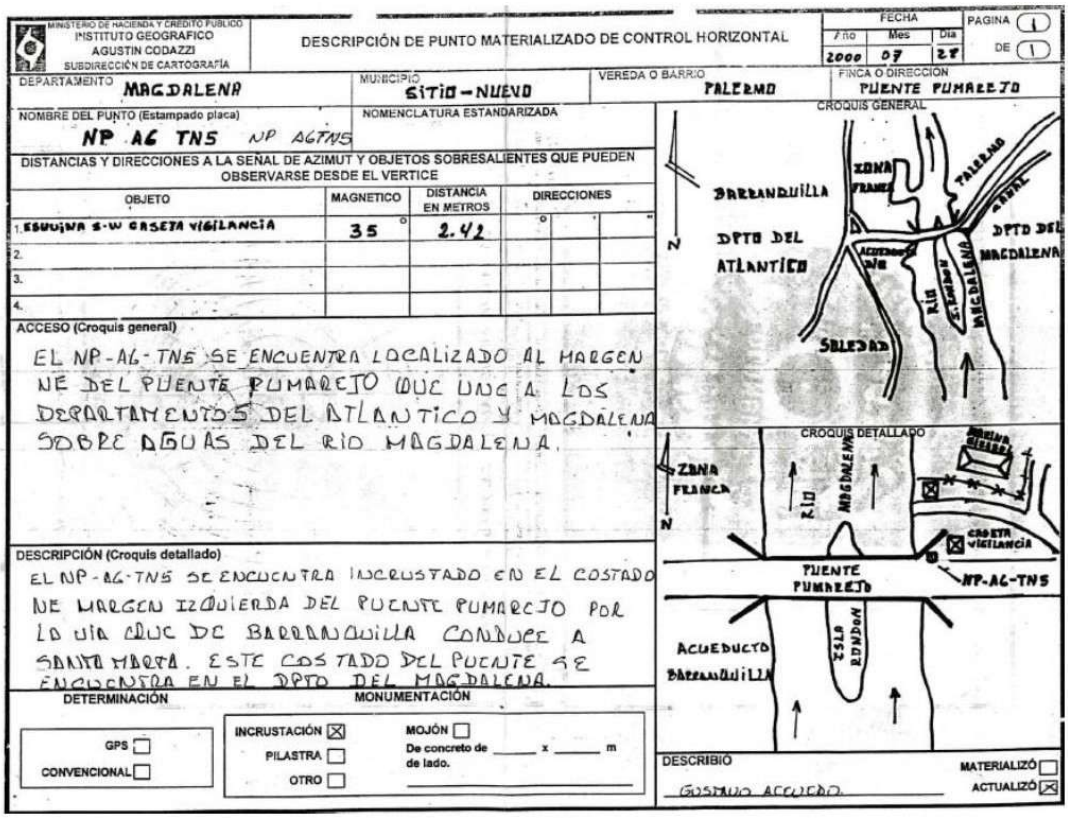


Figura 6 Descripción punto de control.
Fuente: IGAC



Figura 7 Coordenadas Sistema Cartográfico Nacional MAGNA-SIRGAS
Fuente: IGAC

A partir de este punto y mediante el sistema de posicionamiento global diferencial, se llevó a cabo la materialización de red GPS de apoyo a los trabajos, provista de altimetría ejecutada con nivel de precisión.

7.4.7.2 Vertical

El control vertical se referencia al nivel del punto utilizado en los trabajos de planimetría, el cual presenta altura elipsoidal de 8.32 metros sobre el nivel del mar.

A partir de este nivel se dio altura o cota a cada punto planimétrico mediante el nivelde precisión por proceso de doble punto de cambio.

Para el control de fluctuaciones de los niveles, se instaló un Limnímetro provisionalcon doble lectura diaria, niveles que se requieren como referencia al proceso batimétrico.

7.4.8 Equipos utilizados para el Levantamiento

Se utilizó un receptor CHCI80 autónomo para la toma de posición, y Portador de fase cuyas características principales son: Precisión de milímetros en modo diferencial, para posicionamientos estáticos, cinemáticos y pseudocinemáticos; Doce canales para transferencia de datos, incluido diferencial tiempo real.



Caraterísticas:

- 220 canales de constelación múltiple receptor.
- 128 x 64 ppp LCD legible bajo luz solar panel
- Módem de red 3.75G
- TRH UHF interno.
- Bluetooth incorporado y WiFi comunicación.
- Reenvío de datos RTK.
- Baterías duales intercambiables en caliente.
- 32 GB de memoria interna.

Mediciones	220 canales , 6 constelaciones , estándar de seguimiento todo en la vista GPS : L1C / A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS : L1 C / A, L1P, L2 C / A, L3 CDMA 6 Galileo : E1, E5A, E5B, E5AltBOC BeiDou : B1, B2 QZSS: L1 C / A, L1 SAIF, L2C, L5 SBAS : L1C / A, L5; WAAS, EGNOS, MSAS - Tasa de 20 hz , baja ángulo y Maxwell 6 Rastreo
RTK Performance	Horz 8 mm + 1 ppm RMS Vert 15 mm + 1 ppm RMS
Postprocesamiento Rendimiento estático	Horz 2.5 mm + 0.5 ppm RMS Vert 3.5 mm + 0.5 ppm RMS
Rendimiento SBAS	Horz 0.3 m RMS con WAAS en el Unido Estados 0.5 m RMS con QZSS, EGNOS, GAGAN
Antena GNSS	Tipo IGS robótico de calibración absoluta media "CHCI 80 NINGUNA"
Inicialización de RTK	<10 segundos , 99.9% de confiabilidad
TTFF	Señal Readquisición <2 segundos (dejando una obstrucción completa aclaro cielo) Calentar comienzo <30 segundos (efemérides y última posición conocida) Frío Comience <45 segundos (sin efemérides o posición conocida)
Protocolos	RTCM 2.3, RTCM 3.2, CMR, CMR +, sCMRx NMEA 0183: GSV, AVR, RMC, HDT, VGK , VHD, ROT, GGK, GGA, GSA, ZDA, VTG, GST, PJT, PJK, BPQ, GLL, GRS, GBS Salida HCN y RINEX para datos brutos GNSS
Red	**Red** Celular GSM ; Wi - Fi, Colectora de datos de Internet : conexiones NTRIP y DIP .
Comunicación	Wi - Fi: 802.11 b / g / n WWAN : Módem GSM / GPRS integrado : 3.75G, HSPA, EDGE, GPRS, GSM SERIAL : Un puerto serial de alta velocidad RS232 (7 -pin LEMO) USB : USB de alta velocidad (LEMO de 7 pin es), el i80 se conecta a alta veloc ida d USB con el equipo. Bluetooth® : Integrado multimodo Clase 2. Compatible con iOS, Android, Windows Mobile y Windows Desktop. UHF : Satel interno de 1 vatio Módem UHF de transmisión / recepción : 403 -473 MHz; TrimTalk , EOTT, SATEL
Físico	Tamaño : 4.8 "de diámetro x 5.1" de alto; Peso : 2.2 lbs , vacío , 3.3 lbs . con baterías Operando temperatura : -40 ° F a 165 ° F; Temperatura de almacenamiento: -40 ° F a 185 ° F humedad: 100% de condensación Impermeable y polvo prueba : IP67 protegido de temporal , inmersión , flota; MIL -STD - 810F. Caja inferior es de fundición de magnesio individual con un prensado montaje en poste de acero inoxidable de 5/8 "11 TPI . Shock : sobrevive una caída de 3 metros a concreto; conectores mecánicamente protegido contra impacto s.
Pantalla LCD	128 x 64 legible con luz solar , con botones de funciones.
Eléctrico	Poder de consumo : 3.2 vatios como un móvil ; Batería de ion de litio El i80 acepta dos, baterías intercambiables en caliente de 2 2.2 o 2.6 Ah, 7.4 V estándar Duración de la batería : Hasta 12 horas con un rover RTK , ciclo de 1000 recargas. Poder externo : La entrada acepta 12 a 36 VDC .
Almacenamiento interno	Flash interno de 32 GB : Más de 400 días de almacenamiento a 1 Hz, 16 años con épocas de 5 segundos .
Software de recopilación de datos	Carlson SurvCE , SurvPC ; LandStar , MicroSurvey FieldGenius
Manual de usuario	Impres o a full color.
Garantía	2 años de garantía ; Error de fábrica de CHC de 2 años garantía ; accesorios de1 año; baterías 90 días .

Ilustración 1 Equipo de sistema GNSS RTK

y nivel de precisión marca Topcon AT para la toma de información de cotas.



ESPECIFICACIONES DE LA Serie AT-B

TELESCOPIO	AT-B2	AT-B3	AT-B4
Longitud	215 mm (8,46 pulg.)	215 mm (8,46 pulg.)	215 mm (8,46 pulg.)
Ampliación	32x	28x	24x
Apertura del objetivo	42 mm (1,65 pulg.)	36 mm (1,42 pulg.)	32 mm (1,26 pulg.)
Poder de resolución	3 pulg.	3,5 pulg.	4 pulg.
Campo visual	1°20'	1°25'	1°25'
(a 100 m/328 pies)	(2,3 m/7,5 pies)	(2,5 m/8,2 pies)	(2,5 m/8,2 pies)
Enfoque mínimo desde el extremo del telescopio	0,2 m (7,9 pulg.)	0,2 m (7,9 pulg.)	0,2 m (7,9 pulg.)
Enfoque mínimo desde el centro del instrumento	0,3 m (1 pie)	0,3 m (1 pie)	0,3 m (1 pie)
Imagen	Montar	Montar	Montar
Constante estadimétrica	0	0	0
Proporción estadimétrica	100	100	100
Perilla de enfoque	2 velocidades	1 velocidad	1 velocidad
Ayuda para la observación	Mira	Mira telescópica	Mira telescópica
PRECISIÓN (1 km de nivelación de doble pasada)			
Sin micrómetro	0,7 mm (0,03 pulg.)	1,5 mm (0,06 pulg.)	2,0 mm (0,08 pulg.)
Con micrómetro	0,5 mm (0,02 pulg.)	n/d	n/d
Compensador			
Tipo	Compensador de péndulo con sistema de amortiguación magnética		
Precisión del montaje	0,3 pulg.	0,5 pulg.	0,5 pulg.
Rango de trabajo	±15 pies.	±15 pies.	±15 pies.
NIVEL CIRCULAR			
Sensibilidad	10 pies/2 mm	10 pies/2 mm	10 pies/2 mm
Círculo horizontal			
Diámetro	103 mm (4,1 pulg.)	103 mm (4,1 pulg.)	103 mm (4,1 pulg.)
División mínima	1°/1 gon	1°/1 gon	1°/1 gon
General			
Resistencia al agua	IPX6 (IEC 60529:2001)		
Temperatura de funcionamiento	-4° F a +122° F (-20° C a +50° C)		
Ancho	5,12 pulg. (130 mm)	5,12 pulg. (130 mm)	5,12 pulg. (130 mm)
Longitud	8,46 pulg. (215 mm)	8,46 pulg. (215 mm)	8,46 pulg. (215 mm)
Altura	5,51 pulg. (140 mm)	5,51 pulg. (140 mm)	5,31 pulg. (135 mm)
Peso	4,1 lbs. (1,85 kg)	3,7 lbs. (1,7 kg)	3,7 lbs. (1,7 kg)

Ilustración 2 Equipo de nivelación

y una estación total marca Gowin TKS-202 para la toma de información de detalle



Telescopio	
Longitud	50 mm
Diametro de los Objetivos	45mm(EDM:50mm)
Magnificacion	30x
Imagen	Normal
Campo de Vision	1°30'
Medicion Minima	1.3 m
Rangos de Medicion	
1 Prisma	2000 metros
3 Prismas	2700 metros
Precision	
Con Prisma	±(2mm+2ppm x D*) m.s.e. fino N/A
Lectura Minima	1mm(0.003pies)/0.2mm(0.001pies) fino, 10mm(0.02pies)/1mm(0.005pies) normal, 10mm(0.02pies) escaneo
Tiempos de Medicion	1.2 seg/ 1.2 seg.(Inicial 4.0 seg.) fino, 0.7 seg.(Inicial 3.0 seg.) normal, 0.4 seg (Inicial 3.0 seg.) escaneo
Medicion de Angulo	
Metodo	Absoluto
Deteccion	2 lados horizontal, 1 lado vertical
Lectura Minima	1"/5" arc seg, 0.2/1 mgon
Precision	2" arc seg 1 mgon
Diametro del Circulo	71 Milimetros
Correccion	
Tipo	Eje Vertical
Rango de Compensación	±3'
Interfase	
Interfaz	USB (Incluye Cable USB), RS-232C(6 pines) Serial I/F Puerto 1
Ambiente	
Plomada Óptica	Magnificación 3X, 0.5m a Infinito, imagen vertical, 5° Campo de Visión
Dimensiones	13.2 (H) x 7.2 (W) x 6.9 (L) pulgadas, 336(H) x 184(W) x 172(L) Milimetros
Peso con Batería	10.8 libras, 5.2 kg
Norma de Protección	IP54
Temperatura de Operación	-20° a +50° Celsius, -4° a +122° Fahrenheit
Energía	
Tiempo que dura la carga	Hasta 14 horas incluyendo medidas de distancia y hasta 60 Horas midiendo solo Ángulos

Ilustración 3 Equipo estación Total

7.4.8.1 Procedimiento general para la obtención posición, altura y profundidades

Sobre el punto de control horizontal y vertical del IGAC, se instaló un receptor fijo el cual registra información de posición de coordenadas geodésicas y con el receptor móvil se llevó a cabo la materialización de los puntos de control planimétrico, con toma de datos mínima de 5 minutos y 5 minutos adicionales por cada Km.

Para la caracterización batimétrica, inicialmente se procedió a instalar el equipo de registro a bordo de la embarcación: ecosonda, software y DGPS los cuales tomaron información de posición y profundidad en trayectorias longitudinales y transversalesa

equidistancias no mayores de 25 metros, simultaneo a este proceso se tomaron lecturas del limnimetro a intervalos horarios para determinar la fluctuación del nivel para dar altitud a las profundidades.

Para la caracterización Planimétrica se implementó la estación total, que permite la toma de información de posición y altitud de los detalles, la caracterización altimétrica se realizó con nivel de precisión sobre los cuales se describieron trayectorias transversales a intervalos de 50 metros, para obtener su relieve y generar la sección transversal.



Imagen 1 Toma de información altimétrica para generación de secciones transversales.

7.5 Procesamiento Información De Campo

7.5.1 Obtención de niveles (Altimetría)

La información obtenida en campo del proceso altimétrico referenciado al punto de control IGAC, se registró en la memoria interna del equipo, el cual realiza de manera automática el cálculo de la altitud, esta información se utilizará en la alimentación del software cartográfico.

7.5.2 Obtención de posiciones (Planimetría)

Mediante la herramienta informática GNSS solutions, permite la descarga de datos directa al computador, para luego permite la generación de archivos x,y,z el cual se edita para introducir los respectivos niveles.

El archivo así generado, permite su procesamiento mediante herramienta informática para la generación de la cartografía que incluye planta general, perfil,

secciones y cálculo de cantidades de obra a diseño especifico.

7.6 Generación De Planos Topográficos

La información de campo fue procesada y tabulada, para realizar el proceso de generación de planos topográficos, mediante programa especializado (CAD), en donde se genera una representación gráfica, que refleja la geometría y relieve del terreno existente.

7.6.1 Escala

7.6.1.1 Horizontal

La escala que más se ajusta a las condiciones del terreno para el dibujo en planta se establece en proporción 1 cm del plano equivalen a 1000 cm en el terreno.

7.6.1.2 Vertical

La escala vertical se exagera diez (10) veces para mostrar los cambios en los perfiles del terreno.

7.6.2 Dimensiones

El dimensionado de la cartografía en planta, perfiles y secciones está dado en metros (SI).

7.6.3 Cuadricula

La separación de la cuadricula de coordenadas esta espaciada a intervalos de 250 metros.

7.6.4 Modelo digital del terreno y curvas de nivel

De la información planimétrica, altimétrica y batimétrica procesada y dibujada se realiza el modelo digital del terreno (MDT), el cual es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, generando una red Irregular de Triángulos (TIN), que es la representación de la superficie continúa derivada de una estructura de datos espacial generada a partir de procesos de triangulación, conectando la serie de puntos cuyos vértices son los mismos puntos que poseen coordenadas (x,y,z) generándose así el relieve del terreno. Y sus respectivas curvas de nivel.

Este modelo, permite la elaboración de perfiles y secciones transversales, para llevar a cabo la cuantificación de cantidades de obra mediante comparativo a diseño especifico.

7.6.5 Secciones transversales

Las secciones transversales se elaboraron siguiendo un eje predeterminado por el centro, que permite comparativo entre perfiles transversales de diferentes modelosel cual dista en equidistancia a intervalos de 50 metros.

7.7 Resultados Obtenidos

Los resultados de dicho estudio determinaron que el caño soledad, presenta nivelesen su cauce del orden de los -2.30 m.s.n.m. (Metros Sobre el Nivel del Mar) y 0.10 m.s.n.m.., sobre las márgenes presenta niveles promedio de 1.5 m.s.n.m.

Del área total del caño 53.400 m2 delimitada por sus márgenes, el 5 por ciento presenta niveles en el rango de -2 a -1 m.s.n.m., el 20% presenta niveles en rangode -1 a 0 m.s.n.m. y el 75 % restante niveles en el rango de 0 a 1 m.s.n.m., condiciónultima que evidencia el alto grado de colmatación por sedimentos.

La cartografía obtenida de dicho proceso elaborada a escala 1:1000, registra el estado actual del cauce del caño soledad y del registro fotográfico siguiente evidencia tal situación.

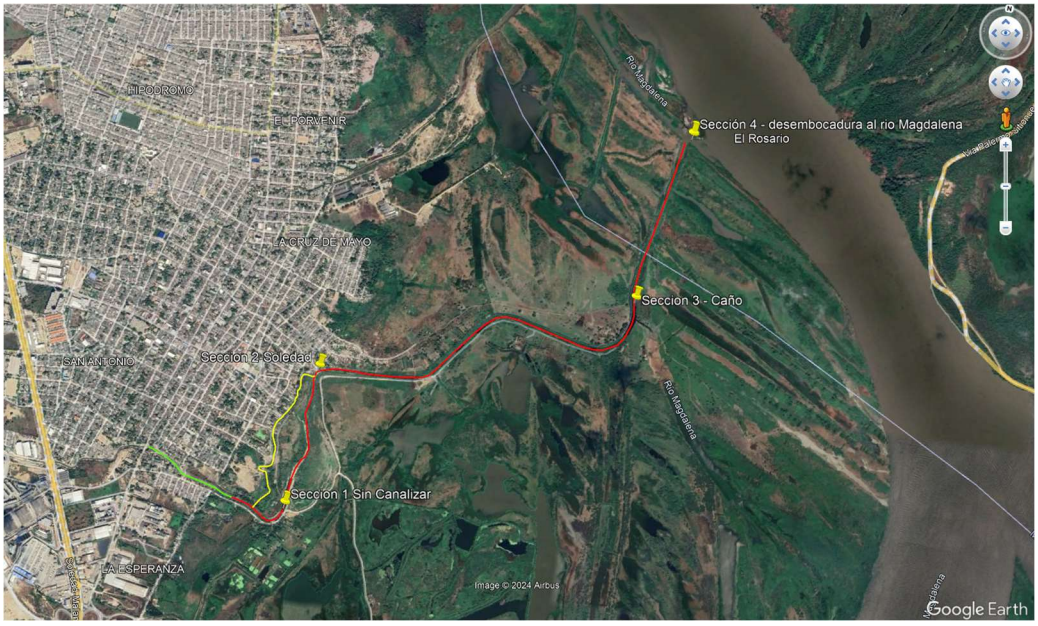


Figura 8 Ubicación de Secciones Caño Soledad a Rio Magdalena



Imagen 2 Sección 1 del caño soledad sin canalizar



Imagen 3 Sección 2 del caño soledad hacia la zona urbana



Imagen 4 Sección 3 del caño soledad hacia el rio magdalena

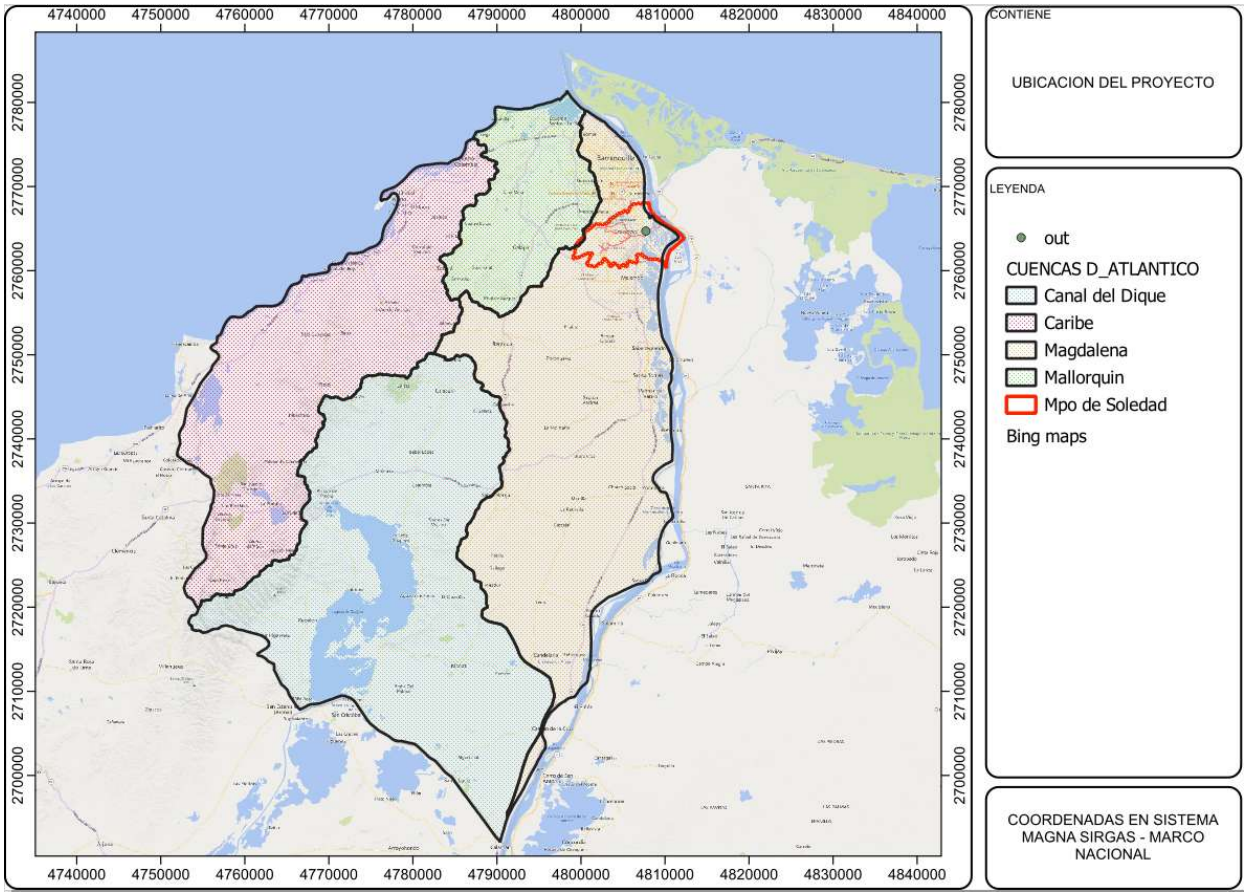


Imagen 5 Sección 4 del caño perspectiva rio magdalena

8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El departamento del Atlántico cuenta con cuatro subcuencas: Canal del Dique, Mar Caribe, ciénaga de Mallorquín y Humedales del Río Magdalena.

EL municipio de Soledad pertenece en un 97% a ésta última, la cual tiene una superficie de 115.241,00 Ha, y en donde se encuentran los principales arroyos que recorren el municipio en busca del río Magdalena. El porcentaje restante (3%), se encuentra sobre la cuenca de Mallorquín y corresponde a la parte inicial aportante, sin corrientes significativas.

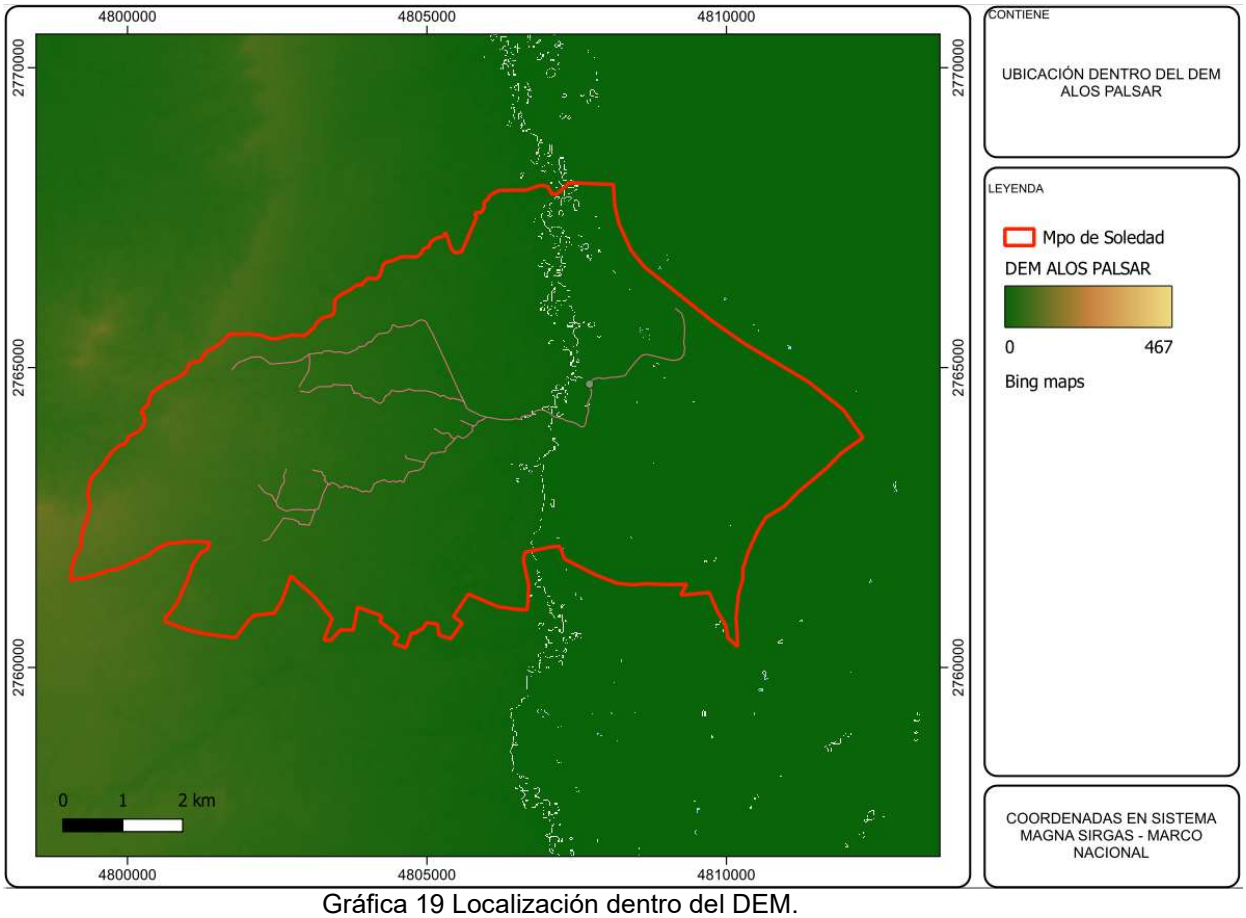


Gráfica 18 Localización del estudio.
Fuente: Elaboración propia

8.1 Morfometría

Para el desarrollo del modelo de Lluvia Escorrentía se parte del procesamiento inicial de los datos topográficos del modelo ALOS PALSAR DEM creado por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) como parte del programa ALOS, con un sensor SAR en banda L que ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones de observación de la Tierra. Este modelo es llevado al nivel de referencia utilizado en el estudio topográfico, de manera que se puedan incorporar estos últimos datos, con el fin de caracterizar la cuenca de estudio y poder determinar sus parámetros morfométricos. Los resultados aquí desarrollados incluyen el

estudio de los usos del suelo y los caudales punta de avenida.



Gráfica 19 Localización dentro del DEM.
Fuente: Elaboración propia

8.1.1 Delimitación de Cuenca Hidrológica

Se procedió a realizar trazado de la cuenca mediante los algoritmos de enrutamiento de flujo llevados a GIS, algoritmos que constituyen el elemento clave de análisis hidrológico, y esta es, en consecuencia, un área muy desarrollada.

Existen muchas alternativas diferentes, cada una de ellas con sus pros y sus contras. Básicamente, los métodos se pueden dividir en dos grupos: Los que consideran el flujo se mueva entre centros de las celdas y aquellos en los que el flujo se mueve "libremente" alrededor del DEM (conocidos como algoritmos de rastreo de Flujo). Los del primer grupo están relacionados con el método D8 (la más antigua y la única que se encuentra en otros SIG), mientras que las de este último son bastante más complejos y su uso es más bien limitado.

Otra división puede hacerse separando aquellos que consideran un flujo unidimensional (comúnmente conocidos como algoritmos de dirección de flujo único) y los que consideran un flujo bidimensional (Algoritmos de Múltiples Direcciones del flujo).

Podemos describir los módulos implementados en SAGA:

- Determinista 8 (D8): El clásico. Flujo va desde el centro de una celda al centro de una (y sólo una) de las celdas circundantes. Las direcciones de flujo son, por lo tanto, restringidas a múltiplos de 45°, lo que constituye la razón principal para la mayoría de los inconvenientes del método. (O'Callaghan & Mark 1984).

- Rho8: Igual que el anterior pero con un componente estocástico que deberá mejorarlo. La dirección de flujo se determina por un argumento aleatorio que depende de la diferencia entre el aspecto y la dirección de las dos células vecinas adyacentes. No muy útil... (Fairfield y Leymarie 1991)

- Determinístico infinito (D∞): El flujo pasa de una celda a dos contiguas de las celdas alrededor, teniendo en cuenta de este modo un flujo bidimensional y la superación de los inconvenientes del método D8. (Tarboton 1998).

- Modelo de Relieve digital Braunschweiger: Otro algoritmo de dirección de flujo múltiple. El flujo es dividido entre la celda que rodea, cuya orientación es más cercana para el aspecto de la celda central, y sus dos celdas adyacentes. (Bauer, Bork y Rohdenburg 1985).

- FD8 (encontrado en SAGA, Dirección de flujo simple como múltiple): Un algoritmo de enrutamiento de flujo bidimensional derivado-D8. (Quinn et al 1991).

- Algoritmo de Enrutamiento cinemático (KRA por sus siglas en inglés). Un algoritmo de trazado de flujo unidimensional. El flujo se comporta como una bola que rueda por el DEM, sin restringir la posición del centro de las celdas. (Lea 1992).

- Red Digital de Modelo de Elevación (DEMON por siglas en inglés): La más compleja. Un algoritmo de trazado de flujo bidimensional. Consume bastante tiempo. (Costa-Cabral y Burgess 1994).

Las direcciones de flujo para cada celda no son muy útiles en sí (también, algunos métodos no utilizan una dirección de flujo en un sentido estricto), pero puede ser utilizado como base para un resultado más interesante.

El más importante parámetro que se puede derivar es la zona de captación, también conocida como acumulación de flujo. El área de influencia de una celda indica el área de pendiente ascendente desde esa celda a la que el flujo eventualmente llegará. Se generará entonces un GRID de área de captación como entrada para generar un GRID de área de influencia mediante el uso algoritmo de enrutamiento D8.

El Modelo de Elevaciones es trabajado entonces mediante el software GIS para obtener 8

conjuntos de datos que permiten la caracterización de la cuenca. Los primeros 5 se generan en formato Raster y los 2 finales en formato Vectorial (.Shp): Flow direction, Flow Accumulation, Stream Definition, Stream Segmentation, Watershed delineation, Watershed polygons, Stream segments.

- Flow direction.

  En este paso se define la dirección de la mayor pendiente, evaluando en cada celda las cotas de las celdas circundantes.

- Flow accumulation.

  Aquí se determina el número de celdas que drenan a cada celda. El área de drenaje de una celda dada se calcula multiplicando el número de celdas por el área de la celda.

- Stream definition.

  Este paso clasifica todas las celdas con flujo procedente de un número de celdas mayor a un umbral definido como pertenecientes a la red de drenaje. El valor por defecto es del 1% de la mayor área de drenaje de toda la cuenca. Cuanto menor sea éste umbral, mayor será el número de subcuencas que se definirán. Se toma el valor por defecto.

- Stream segmentation.

  Seguidamente se dividen los cauces en segmentos. Los segmentos son tramos de cauces situados entre 2 uniones de cauces sucesivas, una unión y la salida o una unión y el límite de la cuenca.

- Watershed delineation.

  Se define una cuenca por cada segmento de cauce.

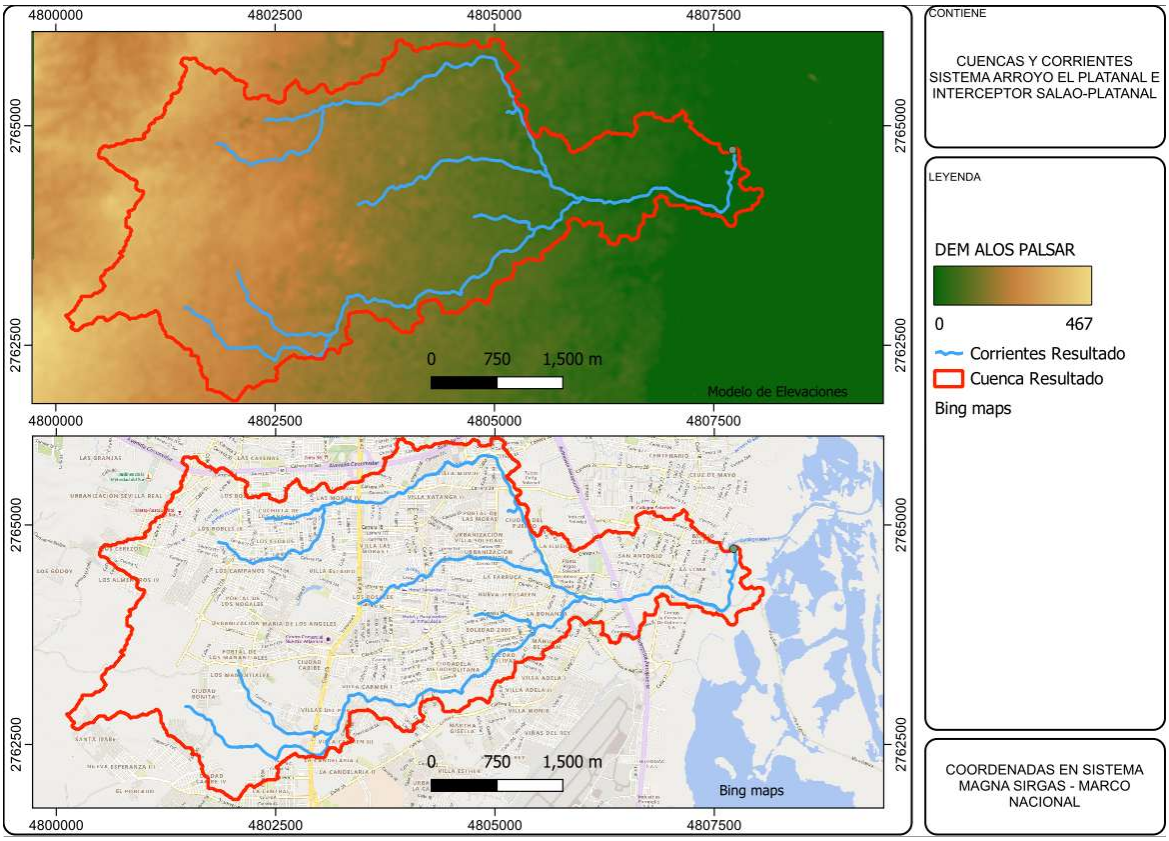
- Watershed Polygon processing.

  Se convierten las subcuencas de formato grid (DEM raster) a formato shp (Vectorial).

- Stream segment processing

  En este paso se convierten los cauces de formato grid a formato vectorial.

Los resultados pueden observarse en la figura siguiente en la cual se han resaltado las subcuencas que cubren directamente la zona de proyecto.



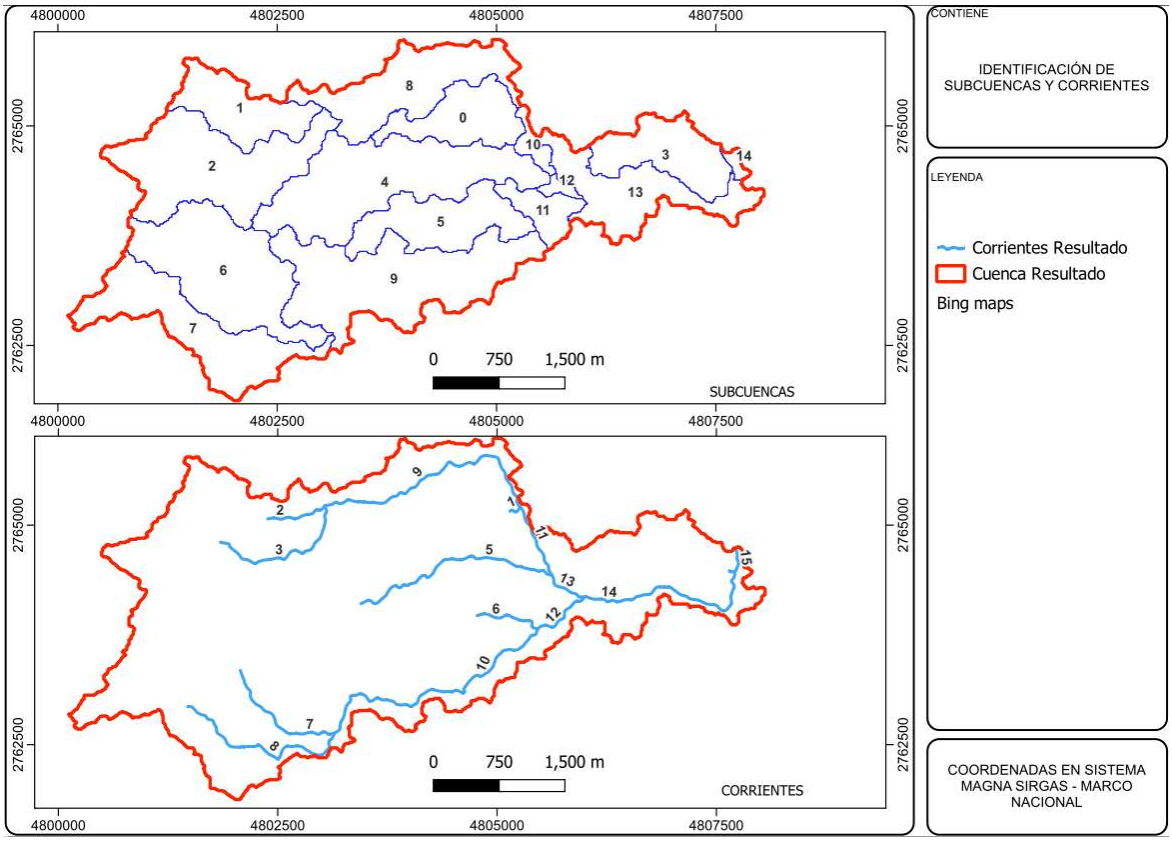
Gráfica 20 Cuenca y corrientes principales.
Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Parámetros morfométricos

La metodología de consecución de la cuenca principal determina el conjunto subcuencas con sus elementos características:

Sub cuenca	Area (m2)	ID Corriente	Longitud Corriente (m)	Orden Corriente	Pendiente Media Sub-cuenca	Pendiente de Corriente
0	800226.08	1	133.20	1	4.38	14.92
1	842729.79	2	712.20	1	25.37	43.95
2	1915167.12	3	1834.00	1	9.30	55.98
3	895859.43	4	67.70	1	3.45	4.82
4	2161126.08	5	2644.90	1	16.38	37.00
5	1019932.75	6	836.80	1	6.47	20.99
6	1874851.10	7	1569.70	1	15.48	52.98
7	1474659.89	8	2386.30	1	14.34	58.99
8	1329022.22	9	3001.80	2	21.99	34.00
9	2257071.96	10	3375.20	2	18.78	34.00
10	144387.60	11	925.20	2	37.12	14.99
11	351280.65	12	777.30	2	16.15	11.00
12	68912.26	13	515.20	2	33.83	11.00
13	1112909.61	14	2359.00	3	7.86	4.99
14	60161.50	15	300.90	3	7.53	7.96
Totales	16308298.04		21439.40			

Tabla 6 Características principales de las subcuencas.



Gráfica 21 Identificación de subcuencas y corrientes principales.
Fuente: Elaboración propia

8.1.3 Orden de la cuenca

Es un número que refleja el grado de ramificación del Sistema de Drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden n se forman cuando dos cauces de orden n-1 se unen.
- Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida.

Este cálculo es realizado de manera automática en QGIS, y sus resultados se pueden apreciar en la Tabla 6, en la columna “Orden”.

8.1.4 Coeficiente de Bifurcación

Una vez jerarquizada la red de drenaje, puede contabilizarse el número de segmentos de cauce de cada orden (tabla 1). A la relación existente entre el número de segmentos de cauce de un orden dado y el número de segmentos de cauce del orden inmediatamente superior se le denomina relación de bifurcación o confluencia (Rb),

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

N_U es el número de canales de orden U y N_{U+1} es el número de canales de orden U+1. el cálculo se muestra en tabla siguiente:

ORDEN	CANTIDAD	RB
1	8	1.6
2	5	2.5
3	2	
Rb =		2.05

8.1.5 Densidad de Drenaje

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua dentro de la cuenca y el área total de ésta. Se define mediante la siguiente expresión:

$$Dd = \frac{\sum Lc_i}{A}$$

Donde
ΣLc_i = es la longitud total de los cauces de agua en Km. = 21.44
A = Área de la cuenca total Km^2 = 16.31
Dd= densidad de drenaje = 1.31

Se puede revisar en la literatura que los valores van desde 0,5 Km/Km2 (cuencas con drenaje pobre) hasta 3,5 Km/Km2 (cuencas excepcionalmente bien drenadas).

8.1.6 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca. Este podrá ser menor a la unidad y, en la medida que éste se acerque a este valor la forma de la cuenca tenderá a parecerse a la de un círculo, con lo cual se tendrá una cuenca con mayor capacidad de producir crecientes debido a un menor tiempo de concentración.

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde
P = Perímetro
A = Área de la Cuenca
Kc = Coef Compacidad

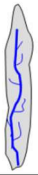
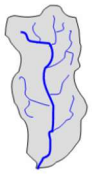
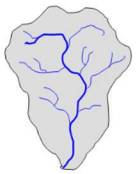
Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval – redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval – Alargada
Kc3	> 1,5	Forma oval – oblonga a rectangular - Alargada

8.1.7 Coeficiente de Forma (Kf)

Es la relación entre el ancho medio de la cuenca (B) y la longitud de su cauce principal (Lc). El ancho medio se obtiene cuando se divide el área de la cuenca por la longitud del cauce principal, por lo tanto, el Coeficiente de Forma queda definido así:

$$Kf = \frac{B}{Lc} = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde
Lc = Longitud Corriente principal
A = Área de la Cuenca
Kf = Coef Forma

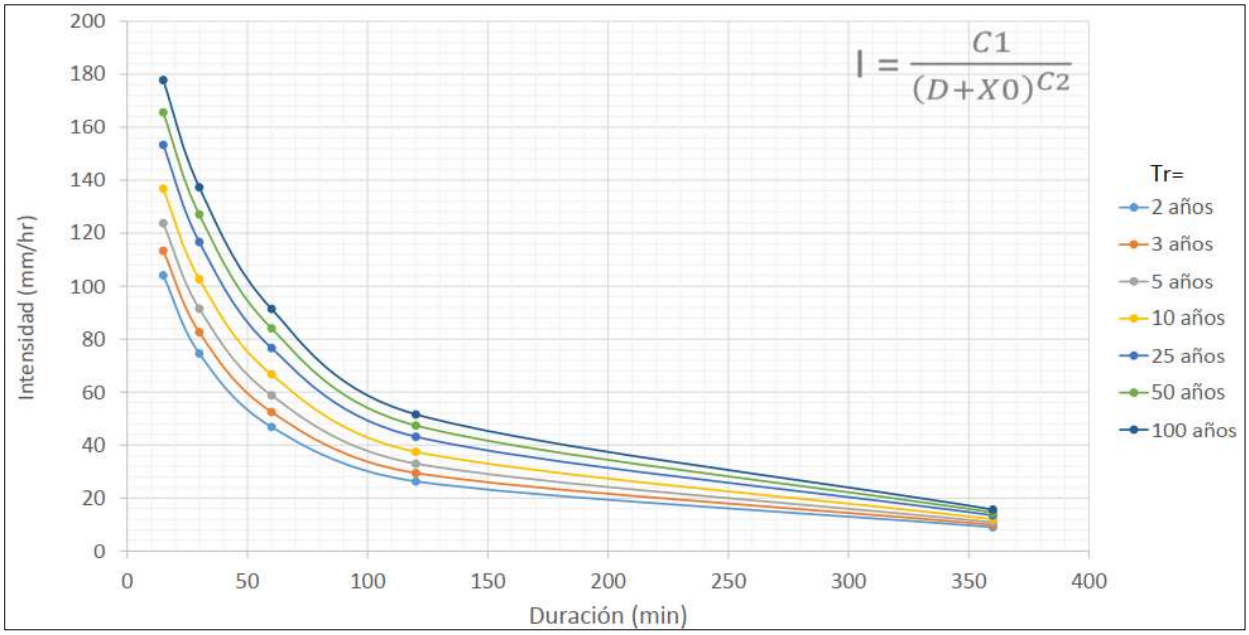
Factor de forma *(Kf)*	0 - 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 0,75	0,75 – 1
$Kf = \left(\frac{A}{Lc^2}\right)$ *Kf*= Factor de forma de Horton *A*= Área de la cuenca (m2) *Lc*= Longitud del cauce principal (m)				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Nombre de Microcuenca	Área (m2)	Pendiente Media	Mayor Longitud (m)	Elevación media (m)	Perímetro (m)	Kc	Tipo	Kf	Producción	Potencial
El Platanal	16308298.0	14.23	10468.60	38.84	35112.9	2.43	Kc3	0.15	Bajo	Bajo

8.2 Datos Hidrológicos

8.2.1 Precipitaciones

La precipitación constituye en todo estudio hidrológico la variable de mayor importancia ya que es ésta precisamente el elemento generador del resto de procesos dentro del ciclo hidrológico. La precipitación se registra como una altura de lluvia alcanzada durante un periodo de tiempo, en pluviómetros y pluviógrafos dispersos en la superficie de la cuenca analizada; de manera que mediante datos puntuales de precipitación se ha de estimar una distribución espacial de la precipitación. Para el presente estudio se hace uso de las series temporales de precipitación máxima obtenidas mediante estaciones del Instituto de Estudios Ambientales y Meteorología (IDEAM), encontradas en la zona de estudio:



Gráfica 22 Curva IDF Aeropuerto Ernesto Cortissoz.
Fuente: IDEAM

TR (años)	C1	X0	C2
3	25572.565	55.93	1.284
5	45116.257	66.306	1.352
10	88724.577	78.996	1.434
25	195666.339	94.216	1.531
50	336359.44	104.838	1.598
100	486457.063	112.56	1.638

DURACION	PERIODO DE RETORNO, años					
Minutos	3	5	10	25	50	100
5	131	141	154	172	184	198
10	118	129	142	159	172	185
15	107	118	131	148	160	173
30	84	94	106	122	133	144
60	57	65	75	87	96	105
120	33	38	45	53	59	65

Tabla 7 Datos Curva IDF Aeropuerto Ernesto Cortissoz.

8.2.2 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración puede definirse como el tiempo mínimo para que todos los puntos de la superficie de la cuenca contribuyan simultáneamente al caudal recibido a la salida de esta.

Fórmula de Témez

$$Tc = 18\left\lfloor\frac{L}{S^{0.25}}\right\rfloor^{0.76}$$

Donde,
Tc = Tiempo de concentración (minutos)
L = Longitud del cauce (km)
S = Pendiente media (m/m)

Fórmula de Kirpich

$$Tc = 3.98 \left[\frac{L}{S^{0.5}}\right]^{0.77}$$

Donde,
Tc = Tiempo de concentración (minutos)
L = Longitud del cauce (km)
S = Pendiente media (m/m)

Fórmula de Clark

$$Tc = 0.335 \left[\frac{A}{S^{0.5}}\right]^{0.593}$$

Donde,
Tc = Tiempo de concentración (minutos)
A = Área de la cuenca (km2)
S = Pendiente media (m/m)

Se aplicarán ambas formulaciones anteriores para luego definir un promedio que corresponderá al Tc escogido.

Nombre de Microcuenca	COTA (m)		LONGITUD (m)	PENDIENTE (m/m)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Horas)			
	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO			TEMEZ	KIRPICH	CLARK	PROMEDIO
El Platanal	106	0	10468.60	0.0101	4.3	2.5	6.9	4.6

Tabla 8 Tiempo de concentración.

8.2.3 Hietograma de tormenta

Considerando lo anterior, los hietogramas de tormenta serían los siguientes para la cuenca:

t(min)	T=3			T=5			T=10		
	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP
48	65.81	52.65	52.65	74.45	59.56	59.56	85.36	68.29	68.29
96	40.42	64.68	12.03	46.35	74.16	14.6	53.9	86.24	17.95
144	28.41	68.19	3.51	32.65	78.36	4.2	38.08	91.4	5.16
192	21.56	69	0.81	24.73	79.14	0.78	28.79	92.13	0.73
240	17.17	68.68	0	19.64	78.56	0	22.79	91.16	0
288	14.16	67.97	0	16.13	77.43	0	18.64	89.48	0

t(min)	T=3			T=5			T=10		
	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP	I(mm/hr)	P (mm)	ΔP
48	98.94	79.16	79.16	108.75	87	87	118.64	95	95
96	63.39	101.43	22.27	70.29	112.47	25.47	77.3	123.7	28.7
144	44.92	107.81	6.38	49.91	119.79	7.32	55.06	132.2	8.5
192	33.91	108.52	0.71	37.65	120.48	0.69	41.58	133.1	0.9
240	26.75	107	0	29.63	118.52	0	32.71	130.9	0
288	21.78	104.55	0	24.06	115.49	0	26.54	150.4	0

Tiempo (min)	T=3	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
48	0	0	0	0	0	0
96	3.51	4.2	5.16	6.38	7.32	8.5
144	52.65	59.56	68.29	79.16	87	95
192	12.03	14.6	17.95	22.27	25.47	28.7
240	0.81	0.78	0.73	0.71	0.69	0.9
288	0	0	0	0	0	0

Tabla 9 Hietograma de tormenta para distintos periodos de retorno.

8.2.4 Número de Curva

Este parámetro fue desarrollado para la transformación de la lluvia en escurrimiento dentro del método desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos (SCS). Representa la fracción de agua retenida por el suelo y la vegetación, por debajo de la cual las precipitaciones caídas no generan escorrentía superficial (Umbral de Escorrentía). Este umbral es función de: uso de la tierra, intercepción vegetal, infiltración, almacenamiento en acuífero y humedad del suelo.

El SCS halló un conjunto de valores que se relacionaban este umbral de escorrentía (Po), llamándolo Número de Curva (NC), mediante la siguiente expresión:

$$Po = \frac{5000}{NC} - 50$$

Para determinar el volumen de escurrimiento, debe hacerse una estimación del valor de NC, el cual depende de características de la cuenca tales como uso de la tierra, condiciones del suelo y condiciones de humedad de la cuenca en el momento de ocurrir, la precipitación. Se conocen y aceptan tres clases de condiciones de humedad antecedentes para una cuenca, según el SCS, como se muestra en cuadro siguiente:

Clases de condiciones de humedad antecedentes	Lluvia total de los 5 días anteriores (milímetros)	
	Estación sin desarrollo vegetativo	Estación de crecimiento vegetativo
I	menos de 12,7mm	menos de 35,6mm
II	12,7 a 27,9mm	35,6 a 53,3mm
III	más de 27mm	más de 53,3mm

La obtención de los NC se realizará utilizando como base la información correspondiente a coberturas de suelo para la zona del IDEAM, clasificadas con la metodología Corine Land Cover, y la información de geología del Instituto de Minas y Energía.

El método de la SCS se basa en la conservación de la masa y en la capacidad potencial de infiltración del terreno, en donde las relaciones entre las dos cantidades reales, escorrentía directa (E) y retención (R), y las dos cantidades potenciales, escorrentía potencial (P Precipitación – P_o umbral de escorrentía) y retención máxima (S), son iguales:

$$\frac{R}{S} = \frac{E}{P - P_o}$$

La lluvia entonces se puede dividir en dos grandes términos: la lluvia infiltrada y la lluvia que se transformará en escorrentía directa, siendo esta última la responsable del hidrograma a la salida de la cuenca.

Para el caso de cálculo de crecidas nos interesará la escorrentía directa y con el objeto de realizar el balance, la retención máxima será el almacenamiento en el suelo.

La escorrentía directa se determina mediante:

$$E = \frac{(P - P_o)^2}{(P - P_o) - S}$$

Para la influencia de las características de la cuenca (uso de la tierra, condiciones del suelo) en el valor de CN, se utiliza la Tabla 4, tomada del RAS 2011 para zonas urbanas. En dicha Tabla, además de la utilización de la tierra, cubierta vegetal y práctica de cultivo se hace una distinción entre condiciones hidrológicas deficientes, regulares y buenas y para cuatro grupos hidrológicos de suelos. Las condiciones hidrológicas se determinan en primer lugar por la densidad de la vegetación.

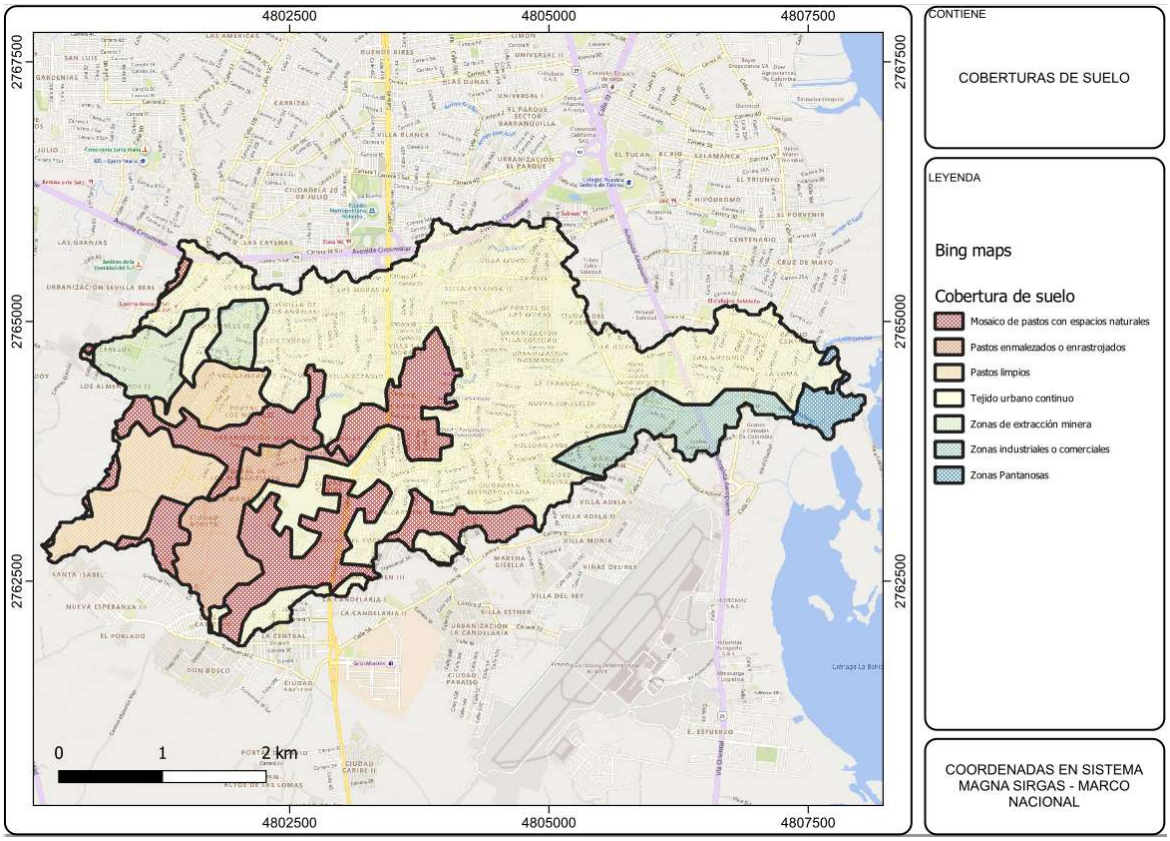
Los grupos hidrológicos de suelo se clasifican según su capacidad para transmitir agua (infiltración): el grupo A tiene una intensidad alta de transmisión de agua, el grupo B moderada, el C lenta, y el D muy lenta.

Tipo de cobertura y condición hidrológica		Área impermeable promedio	Números de curva para cada tipo de suelos			
			A	B	C	D
Espacios abiertos	Cobertura pobre (cobertura de pastos < 50%)		68	79	86	89
	Cobertura parcial (cobertura de pastos de 50% a 75%)		49	69	79	84
	Cobertura buena (cobertura de pastos > 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables	Parqueaderos, techos, zonas pavimentadas, entre otros.		98	98	98	98
Calles y carreteras	Andenes pavimentados y sumideros		98	98	98	98
	Zanjas o diques pavimentados		83	89	92	93
	Zona cubierta de gravas		76	85	89	91
	Zona cubierta de arenas o polvo		72	82	87	89
Zonas urbanas	Zonas comerciales y de negocios	85%	89	92	94	95
	Zona industrial	72%	81	88	91	93
Zonas residenciales (por tamaño del lote)	500 m^2 o menos	65%	77	85	90	92
	1000 m^2	38%	61	75	83	87
	1350 m^2	30%	57	72	81	86
	2000 m^2	25%	54	70	80	85
	4000 m^2	20%	51	68	79	84
	8000 m^2	12%	46	65	77	82
Áreas urbanas permeables en desarrollo y sin vegetación			77	86	91	94

Tabla 10 Números de Curva según RAS, resolución 0330/2017.

Coberturas de Suelo

Utilizando las imágenes satelitales de la zona, se realiza la clasificación de los usos del suelo en la cuenca de estudio, para la obtención del NC, encontrándose una vocación urbanística de tipo residencial, con lotes de 500 m2 o menos con 65% de área impermeable. Se utilizará también la información correspondiente a las coberturas de suelo de la cuenca de Magdalena de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico.



Gráfica 23 Coberturas de suelos en la cuenca.
Fuente: CRA (Corporación Autónoma Regional del Atlántico)

COBERTURA	Área (m2) Cobertura	NC cobertura	Área (m2) cuenca	NC_sub	NC cuenca
Mosaico de pastos con espacios naturales	213019.2042	70	16308298.00	0.91	84.00
Mosaico de pastos con espacios naturales	1282820.099	70	16308298.00	5.51	
Mosaico de pastos con espacios naturales	47366.08204	70	16308298.00	0.20	
Mosaico de pastos con espacios naturales	689115.3805	70	16308298.00	2.96	
Mosaico de pastos con espacios naturales	690174.8386	70	16308298.00	2.96	
Mosaico de pastos con espacios naturales	35622.9516	70	16308298.00	0.15	
Pastos enmalezados o enrastrojados	915850.4199	70	16308298.00	3.93	
Pastos limpios	473407.4317	75	16308298.00	2.18	
Pastos limpios	950344.7005	75	16308298.00	4.37	
Tejido urbano continuo	240728.6225	90	16308298.00	1.33	
Tejido urbano continuo	92436.53785	90	16308298.00	0.51	
Tejido urbano continuo	8958046.067	90	16308298.00	49.44	
Zonas Pantanosas	232518.8477	100	16308298.00	1.43	
Zonas de extracción minera	507122.6539	90	16308298.00	2.80	
Zonas de extracción minera	256135.7739	90	16308298.00	1.41	
Zonas industriales o comerciales	734106.5124	90	16308298.00	4.05	

Tabla 11 Números de Curva para la cuenca de proyecto.

8.3 Cálculo de Caudales Máximos

8.3.1 Periodo de Retorno

Para realizar el cálculo de los caudales máximos para diseño se utilizan los datos de precipitación para periodos de retorno definidos según la respectiva área de drenaje total de cada cuenca, teniendo en cuenta lo recomendado por el RAS (Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico).

Características del área de drenaje	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 ha	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	100

Tabla 12 Periodos de Retorno según res 0330/2017.

Acorde con el tamaño total del proyecto (1630.83 ha) se recomienda un periodo de retorno de 100 años para el análisis hidráulico.

8.3.2 Cálculo de la lluvia neta

En la siguiente tabla se muestran los análisis de precipitación neta por el método del SCS para cada Hietograma de Tormenta, correspondiente a cada cuenca principal

Cuenca	T=3 años			T=5 años			T=10 años			T=25 años			T=50 años			T=100 años		
	Po	8.7mm																
Tiempo (min)	∑P total	∑Pneta	P neta	∑P total	∑Pneta	P neta	∑P total	∑Pneta	P neta	∑P total	∑Pneta	P neta	∑P total	∑Pneta	P neta	∑P total	∑Pneta	P neta
48	0.59	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.23	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
96	5.95	0.00	0.00	7.72	0.00	0.00	10.11	0.04	0.04	12.24	0.27	0.27	14.92	0.8	0.8	16.5	1.2	1.2
144	56.05	24.68	24.68	64.64	31.47	31.47	77.39	42.06	42.01	88.54	51.68	51.42	99.99	61.8	61.1	107.3	68.4	67.2
192	70.53	36.29	11.62	82.66	46.57	15.10	100.57	62.35	20.29	116.54	76.84	25.16	132.99	92.1	30.2	143.6	102.0	33.6
240	72.57	37.99	1.70	85.34	48.89	2.32	104.10	65.52	3.17	120.76	80.72	3.88	138.3	97.0	5.0	149.4	107.5	5.5
288	72.57	37.99	0.00	85.34	48.89	0.00	104.10	65.52	0.00	121.76	81.65	0.92	139.3	98.0	0.9	150.4	108.4	0.9

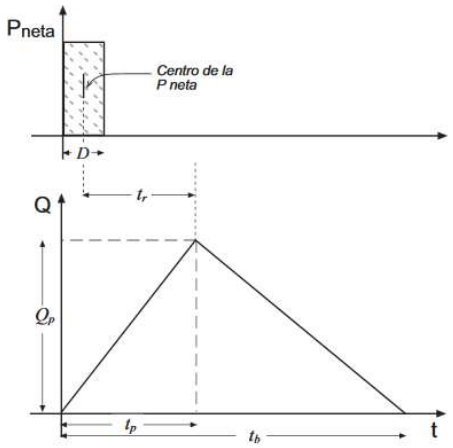
Tabla 13 Cálculo de la lluvia neta para diferentes periodos de retorno.

8.3.3 Método Triangular del SCS

Como continuación al método del Número de Curva, el SCS desarrolló un hidrograma sintético de forma triangular lo que, a pesar de su excesiva simplicidad, nos proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: el caudal punta (Qp), el tiempo base (tb) y el tiempo en el que se produce la punta (tp).

Igualmente se obtienen la duración de la precipitación neta (D) y el tiempo de retardo o respuesta (tr).

En el cálculo de un hidrograma sintético se introduce precipitación neta.



Las sencillas expresiones siguientes se obtuvieron estudiando hidrogramas de crecida provocados por unas precipitaciones cortas y uniformes en numerosas cuencas.

Tiempo de la punta (horas):

$$t_p = 0{,}5 \cdot D + t_r \approx 0{,}5 \cdot D + 0{,}6 \cdot t_c \quad (7)$$

Tiempo base (horas): [3]

$$t_b = 2.67 \, . \, t_p \quad (8)$$

Caudal de la punta (m^3 / seg): [4]

$$Q_p = \frac{P \, . \, A}{1{,}8 \cdot t_b} \quad (9)$$

t_p = tiempo de la punta (horas)
D = Duración de la precipitación neta (horas)
t_r = tiempo de retardo, *Lag* (horas)
t_c = tiempo de concentración (horas)
t_b = tiempo base (horas)
Q_p = Caudal de la punta (m^3 / seg)
P = precipitación neta (mm.)
A = superficie de la cuenca (km^2)

El coeficiente 2,67 de la ecuación (8) es una proposición empírica del SCS que refleja que en promedio el descenso es 1,67 veces mayor que la crecida (la parte derecha del triángulo es más ancha que la parte izquierda). Si este factor es mayor, el tiempo base será mayor y el caudal punta menor (ya que el área del triángulo debe ser la misma)

Parámetros	T=3	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
Duración (hr)	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Pneta (hr)	37.99	48.89	65.52	81.65	97.97	108.42
Tc (hr)	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Tpunta (hr)	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08
Tbase (Hr)	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89
Area (km)	16.31	16.31	16.31	16.31	16.31	16.31
Q max (m3/s)	31.60	40.66	54.50	67.91	81.48	90.17

Tabla 14 Cálculo de caudales máximos por el método Triangular del SCS.

8.3.4 Método de Clark

Se implementará el Método de Clark para la obtención de un hidrograma unitario sintético de cada cuenca. Éste es un método agregado presentado en 1945, y que tiene por objetivo el obtener el hidrograma unitario de una cuenca donde no existen datos foronómicos de caudal.

En él se genera un hidrograma unitario que tiene en cuenta dos procesos en la transformación del exceso de precipitación en escorrentía, el movimiento del agua a través de la red de drenaje de la cuenca y la disminución del caudal debido al almacenamiento producido por la cuenca.

El método de Clark consiste en convolucionar un hidrograma unitario instantáneo calculado a partir de las curvas isocronas (curvas que unen puntos de la cuenca con igual tiempo de viaje) de cada cuenca. En general, en el método la traslación del flujo se realiza mediante un embalse lineal que tiene en cuenta la atenuación del flujo a lo largo del avance por la cuenca.

Sin la aplicación del coeficiente de almacenamiento estaríamos observando el caudal instantáneo de la cuenca al aplicar directamente sobre el histograma de isócronas la intensidad de diseño.

El coeficiente de almacenamiento corresponde a un embalse lineal. Muchos estudios han encontrado que el coeficiente de almacenamiento dividido por la suma de los tiempos de concentración es una constante sobre regiones homogéneas. Por lo tanto, los parámetros que utiliza el modelo Hidrograma Unitario de Clark son el tiempo de concentración de la cuenca Tc y el coeficiente de almacenamiento R, el cual según NOAA, (2006) puede ser estimado mediante la expresión:

$R = 0,7 \times Tc$

A efectos de establecer las hipótesis del funcionamiento hidrológico de una cuenca con fines prácticos, se consideran tres escalas de cuenca (Ponce, 1989):

a) Cuencas pequeñas con $Tc \leq 1h$; $S < 2,5$ km2 (250 ha)
- Se considera que la lluvia se distribuye uniformemente en el tiempo.
- La lluvia se distribuye uniformemente también en el espacio.
- La duración del aguacero normalmente supera el tiempo de concentración de la cuenca (Tc).
- La escorrentía es fundamentalmente superficial.
- El almacenamiento en cauce es insignificante.

b) Cuencas medianas con superficies 2,5 km2 (50 ha) < S < 5000 km2 (500.000 ha)
- La intensidad de lluvia varía durante el aguacero.
- La lluvia se distribuye de modo uniforme en toda la superficie de la cuenca.
- La escorrentía es superficial con movimiento en cauces.
- El almacenamiento en cauce es insignificante.

c) Cuencas grandes (S > 5000 km2)
- La lluvia no se distribuye uniformemente en el espacio ni en el tiempo.
- Existe almacenamiento significativo en cauces.
- El hidrograma incluye escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea.

De lo anterior podemos deducir que, debido a la superficie de la cuenca estudiada, no sería necesaria la aplicación del coeficiente de almacenamiento.

Tiempo (min)	T=3	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	0.00	0.00	0.04	0.27	0.78	1.18
144	31.85	40.62	54.23	66.37	78.80	86.78
192	14.98	19.48	26.18	32.46	39.01	43.33
240	1.69	2.31	3.16	3.87	4.94	5.44
288	0.00	0.00	0.00	0.50	0.51	0.51

Tabla 15 Cálculo de caudales máximos por el método de Clark.

8.3.5 Método de Chow

El método de Chow permite conocer solamente el gasto máximo del hidrograma de escurrimiento directo para un periodo de retorno dado y se aplica a cuencas hidrológicas menores de 25 km2. El gasto pico del escurrimiento directo se calcula con la expresión:

$$Qp = qp\ Pe$$
$$Q_p = q_p \times P_e$$

Donde,
q_p : es el gasto pico del hidrograma unitario, en m3/s/mm
P_e : es la lluvia efectiva, en mm.

En el hidrograma o curva S el gasto de equilibrio puede calcularse con:

$$q_e = \frac{A}{3.6d}$$

El factor de reducción Z, propuesto por Chow, se calcula a partir de la relación:

$$Z = \frac{q_p}{q_e}$$

Sustituyendo las ecuaciones, se obtiene:

$$Q_p = 0.278 \times \frac{A \times Z \times P_e}{d}$$

Multiplicando el numerador y denominado de la ecuación anterior por P_{eb} (P_{eb} es la lluvia en exceso calculada para la estación base y que está expresada en mm para una duración dada), se tiene:

$$Q_p = A \times Z \times \frac{P_{eb}}{d} \times \frac{P_e}{P_{eb}}$$

Ahora bien, si consideramos que:

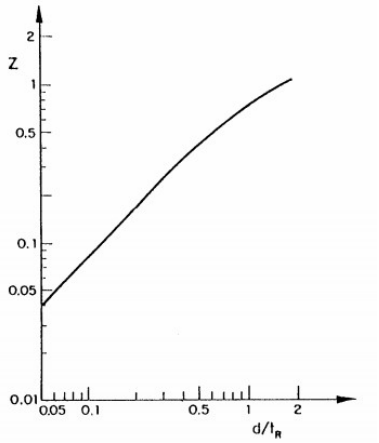
$$X = \frac{P_{eb}}{d} \quad ; \quad Y = \frac{P_e}{P_{eb}}$$

La ecuación se transforma de la forma siguiente:

$$Q_p = A \times Z \times X \times Y$$

Donde,
A : es el área de la cuenca, en km2
X : es el factor de escurrimiento (Peb, en mm y d, en horas)
Y : es el factor climático (Pe y Peb, en mm)
Z : es el factor de reducción, adimensional.

Factor de Reducción Z, en función de Duración efectiva de tormenta y tiempo de retardo (Método de Chow)



Fuente: Principios y Fundamentos de Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana de México (2006)

PARAMETROS	T=3	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
P(mm)	72.57	85.34	104.10	120.76	138.30	149.40
Pneta (mm)	37.99	48.89	65.52	80.72	97.03	107.47
Tc (hr)	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Tr (hr)	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88
X	7.92	10.19	13.65	16.82	20.21	22.39
Y	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.20
d/tr	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Z	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A	16.31	16.31	16.31	16.31	16.31	16.31
Q max (m3/s)	18.79	26.45	38.95	50.97	64.30	73.02

Tabla 16 Cálculo de caudales máximos por el método de Chow.

8.3.6 Resumen de Caudales máximos

CUENCA	METODO TRIANGULAR SCS						METODO DE CLARK						METODO DE CHOW					
	Q3	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q3	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q3	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
El Platanal	31.60	40.66	54.50	67.91	81.48	90.17	31.85	40.62	54.23	66.37	78.80	86.78	18.79	26.45	38.95	50.97	64.30	73.02

Tabla 17 Resumen de caudales máximos calculados

Con base en el análisis de máximos y considerando el periodo de retorno de 100 años, se recomienda usar un caudal máximo Q100 de 90.2 m3/s

8.4 Fenómenos atmosféricos que pueden afectar la cuenca del caño soledad

Los fenómenos atmosféricos que pueden generar condiciones atípicas en el sector se describen a continuación.

8.4.1 Resumen de Caudales máximos

El sector se ubica sobre la zona de convergencia intertropical (ZCIT o ZCI) es unaregión del globo terrestre donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur. A esta región también se la conoce como frente intertropical o zona de convergencia ecuatorial, la cual se caracteriza por ser un ancho cinturón de baja presión constituido por corrientes de aire ascendente, dondeconvergen grandes masas de aire cálido y húmedo provenientes del norte y del surde la zona intertropical.

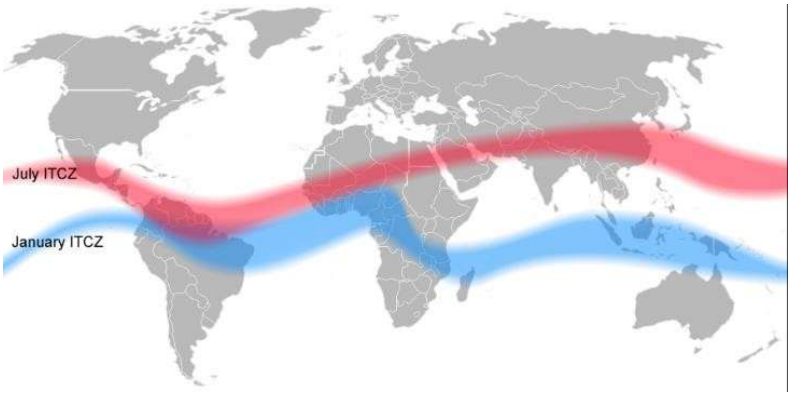


Figura 9 Zona de convergencia intertropical.

8.4.2 Easterly waves

Este fenómeno nace en el noroeste del continente africano debido al gradiente térmico entre el desierto del Sahara y la zona costera del Golfo de Guinea. Sedesplaza hacia la zona occidental del Atlántico transportado por una zona decorrientes en la parte baja de la

troposfera, circulando entre 5° y 15° Norte. Se cree que el 58% de las tormentas tropicales y huracanes menores son originados por las easterly waves, mientras que para la generación de huracanes de gran intensidad (Categoría 3 o más en la escala Saffir-Simpson), ese porcentaje estaría sobre el 83% (Landsea, 1993). Muchas de estas depresiones pueden cruzar al OcéanoPacífico.

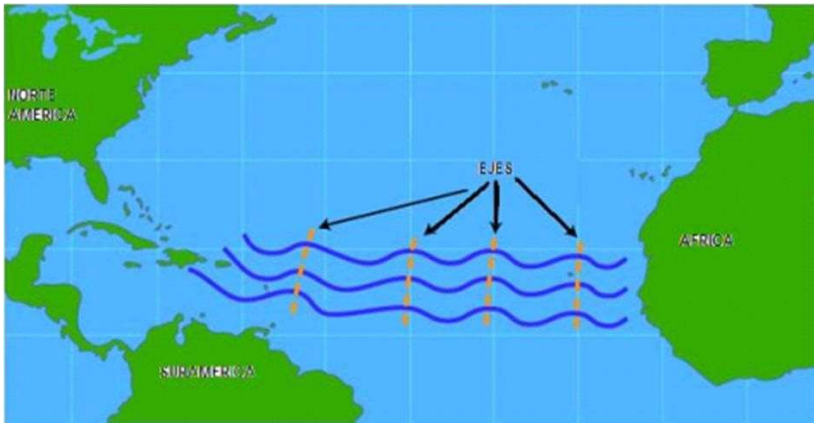


Figura 10 Easterly Waves. Movimiento de bajas presiones que se mueve de este a oeste.

8.4.3 El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS).

En realidad, el ENOS es un fenómeno que engloba dos componentes. Durante el siglo XIX, unos pescadores peruanos percibieron que la normal corriente fría que se desplazaba hacia el norte de sus costas cesaba en pro de otra corriente más cálida y que avanzaba hacia el sur. Se producía un aumento de temperatura anómalo en el Pacífico. Le llamaron El Niño (niño Dios) porque esta circunstancia sucedía en diciembre.

Ya en el siglo XX se descubrió un cambio asociado a las presiones atmosféricas delPacífico y el Índico.

Concretamente con el aumento de presión en el Océano Pacífico, tiende a haber baja presión en el Índico.

Se le denominó Oscilación del Sur y provoca la circulación del aire situado en altura, desde el oeste hacia el este del Pacífico. Por esto último, el ENOS tiende a suprimir la actividad de los Huracanes provenientes del Atlántico, pero por contra hace aumentar esa actividad en el Pacífico.

Así pues, hay por un lado el componente de la temperatura asociada al agua del mar(EN) y por otro la componente asociada a las presiones atmosféricas (OS). La ENOS suele manifestarse entre diciembre y marzo. Dura un período de entre seis a dieciocho meses y se repite cada dos a siete años.
El fenómeno ENOS tiene otro contrapuesto al que se le denominó La Niña (Fig. 18).Sus efectos vienen a ser los contrarios a los generados por El Niño. Las corrientescálidas se desplazan de

este a oeste, produciendo una temperatura anormalmentebaja en el Pacífico. Durante La Niña tiende a haber más presencia de huracanes provenientes del Atlántico generados por las Easterly waves.

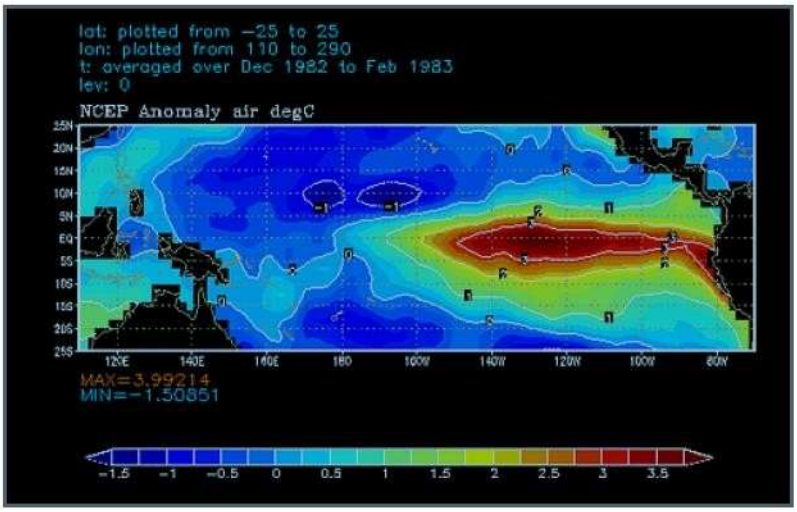
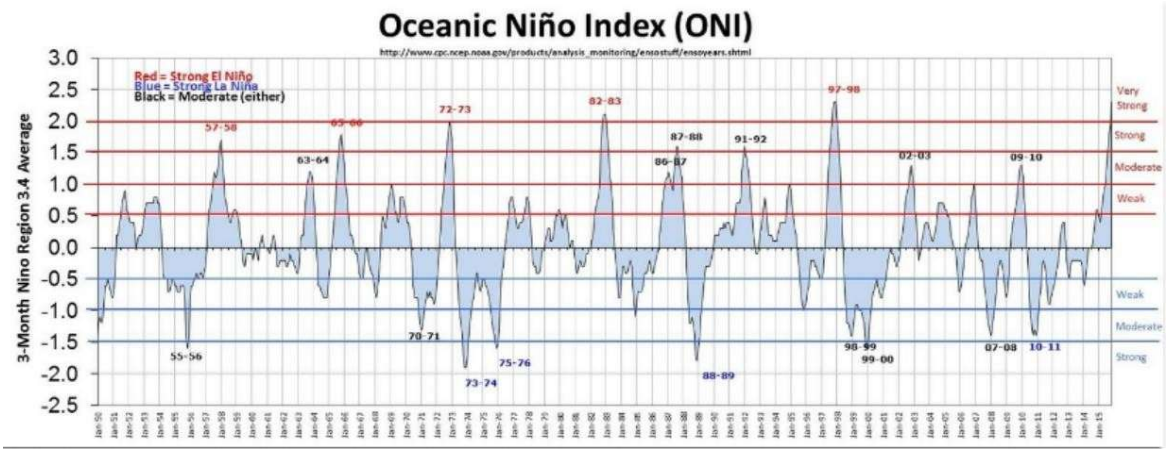


Figura 11 Fenómeno niño-niña



Gráfica 24 Evolución fenómeno niño – niña. 1950-2015

8.4.4 Huracanes

Es un sistema de tormentas caracterizado por circulación cerrada de un centro debaja presión que produce fuertes vientos y mucha lluvia.

9. ESTUDIO HIDRÁULICO

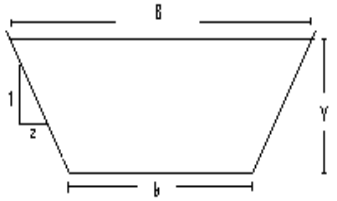
9.1 Generalidades

Tomando los resultados obtenidos del análisis hidrológico, se procedió a simular el comportamiento hidráulico del caño soledad, con el propósito de verificar y diagnosticar la capacidad hidráulica del sistema cuyos resultados darán origen a secciones hidráulicas optimas del cauce, implementando para ello la herramienta informática HEC-RAS.

En general, un canal debe diseñarse con la sección hidráulica más eficiente, entendiéndose esta como aquella que tiene la máxima capacidad para un área dada y un perímetro mojado mínimo.

La sección circular es la más eficiente idealmente, pero para canales abiertos una sección trapezoidal es más factible y frente a una rectangular o una cuadrada, presenta un mejor ajuste a una forma circular.

Las ecuaciones por utilizar para determinar la sección típica son las siguientes:



$$P = b + 2 * y\sqrt{1+z^2} \quad A = (b + z * y) * y$$

$$b = 2 * y\left(\sqrt{1+z^2} - z\right)$$

$$AR_H^{\,2/3} = \frac{Q\ n}{\sqrt{S_o}} \qquad R_H = \frac{A}{P}$$

Donde,
P = Perímetro mojado.
A = Área de la sección.
R_H = Radio hidráulico.

Para sección cuadrada la expresión anterior se reduce al hacer z = 0.

9.2 Caudal de diseño

Se tomará el caudal máximo recomendado de 90.2 m3/s para un periodo de retorno de 100 años para el diseño de las secciones transversales

9.3 Escenarios de simulación del comportamiento hidráulico cañosoledad

Con el objetivo de conocer el comportamiento hidráulico, se llevará a cabo la simulación de con el escenario correspondiente a las condiciones de caudal máximo en el río Magdalena, ya que estas inciden en el drenaje del canal diseñado al generar remansos hidráulicos.

Escenario	Caudal (m3/s)	Nivel Rio Magdalena-Caño Soledad (m.s.n.m.)
Mínimo	2000	0
	3600	0.1
	6000	0.8
	7000	1.2
Medio	8000	1.3
	10000	1.6
	11000	2.3
Máximo	15000	2.41

Tabla 18 Niveles rio Magdalena.

9.4 Características hidráulicas

9.4.1 Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad n, es un parámetro que determina el grado de resistencia, que ofrecen las paredes y fondo del canal al flujo del fluido

Tipo de canal	Coeficiente (n)
I. Conductos parcialmente llenos	
Acero	0,012
Fundición	0,014
Vidrio	0,010
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón	0,013
Cerámico	0,014
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
II.- Canales abiertos revestidos o acueductos	
Metal	0,013
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón acabado a llana	0,013
Hormigón acabado en bruto	0,017
Gunita	0,022
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
III.- Canales excavados	
Tierra canal recto	0,022
Grava canal recto	0,025
Tierra canal con curvas	0,025
Tierra canal con curvas y vegetación	0,030
Tierra canal con curvas y mucha vegetación	0,035
Excavación en roca	0,035
	0,040
IV.- Cauces naturales	
Ríos de meseta rectos y sin ollas	0,030
Ríos de meseta con curvas, piedras y vegetación	0,040
Anterior con ollas y maleza	0,070
Ríos de montaña	0,040
V.- Cauces naturales en avenidas	
Inundaciones en pastizales	0,030
Sobre sembrados no nacidos	0,030
Sobre sembrados nacido	0,040
Sobre monte bajo	0,060
Sobre bosques	0,070

Tabla 19 Coeficiente de Manning según material.

Fuente: Tabla 5-6, Valores del coeficiente de rugosidad “n”, Ven Te Chow, “Hidráulica de canales abiertos”, pag 108

Este parámetro ha sido muy estudiado por muchos investigadores en el laboratorio, por lo que se ha elaborado una tabla para los diferentes valores de n, dependiendo del material en que aloja al canal.

En la zona de inundación o zona marginal, se estableció un valor de n de 0.06 considerando terrenos de monte bajo, dentro del cauce o canal se consideró un coeficiente equivalente a 0.030 correspondiente a canal en tierra con curvas y vegetación.

9.4.2 Geometría

Para la simulación hidráulica, se utilizó la geometría que se esquematiza a continuación.

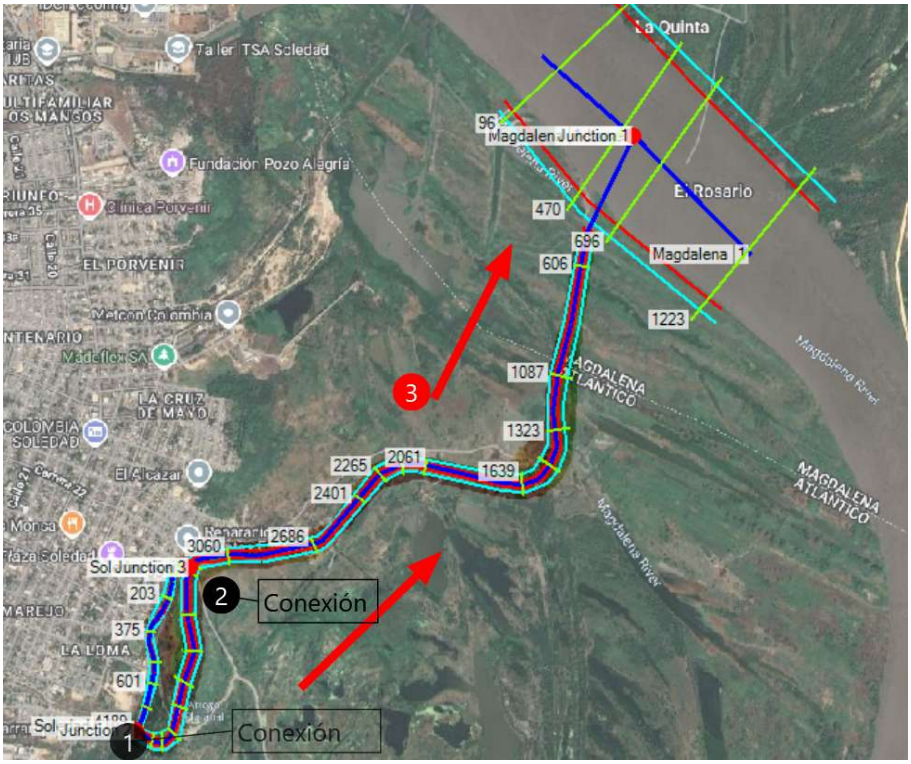


Figura 12 Esquema general, Trazado geométrico caño Soledad.

Sobre la abscisa k4+190 se localiza en la desembocadura del arroyo platanal en el caño Soledad y sobre la abscisa k0+000 desembocadura del caño Soledad en el rio Magdalena para la ejecución del modelo hidráulico en el software Hec-Ras

9.4.3 Limitaciones del modelo

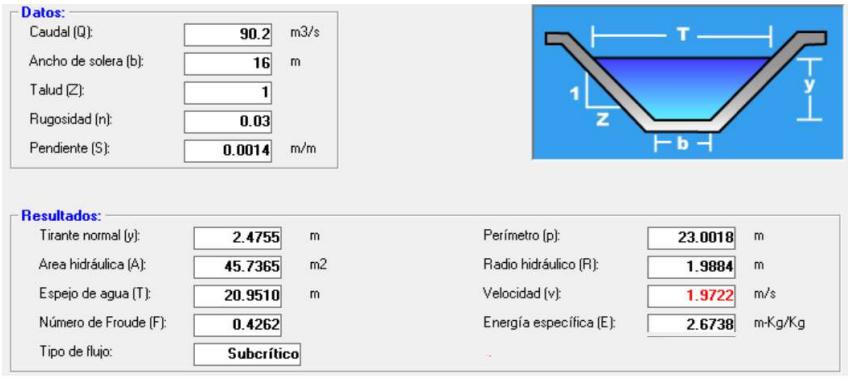
- Para el cálculo en régimen subcrítico, se establecieron las condiciones sobre la sección aguas abajo y aguas arriba, considerando que la dinámica del sector está dominada por los niveles del rio Magdalena.

- Se modela la sección del río considerando los caudales mínimo, medio y máximo, con información secundaria de CORMAGDALENA, año 1985. Se deberá adelantar una batimetría actualizada para mejor ajuste.
- Para definir áreas de inundación se deberá tener información areal de elevaciones. Se recomienda usar drones y fotogrametría para la generación de un modelo de elevaciones.
- Se tomarán los valores de nivel de control aguas abajo para representar el nivel del río Magdalena

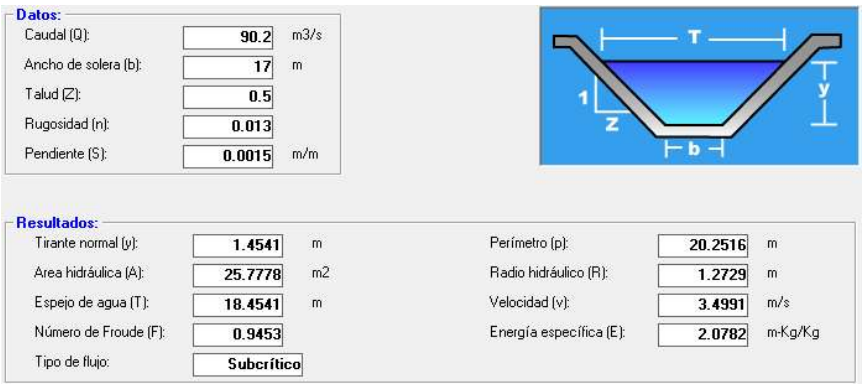
9.5 Dimensionamiento de sección típica

Inicialmente se verificará la capacidad de transporte del canal existente.

Cota de inicio : 1.40 m
Cota de final : -3.96 m
Longitud de tramo : 3714 m
Pendiente de canal : 0.0015 m/m
N Manning : 0.03
Caudal (m3/s) : 90.2



Para el tramo a canalizar en concreto: 0+000 a 0+800



9.6 Modelación hidráulica

Se realiza la modelación en Hec Ras con el caudal máximo de diseño para el caño y el caudal máximo (15000 m3/s) en la entrega al río.

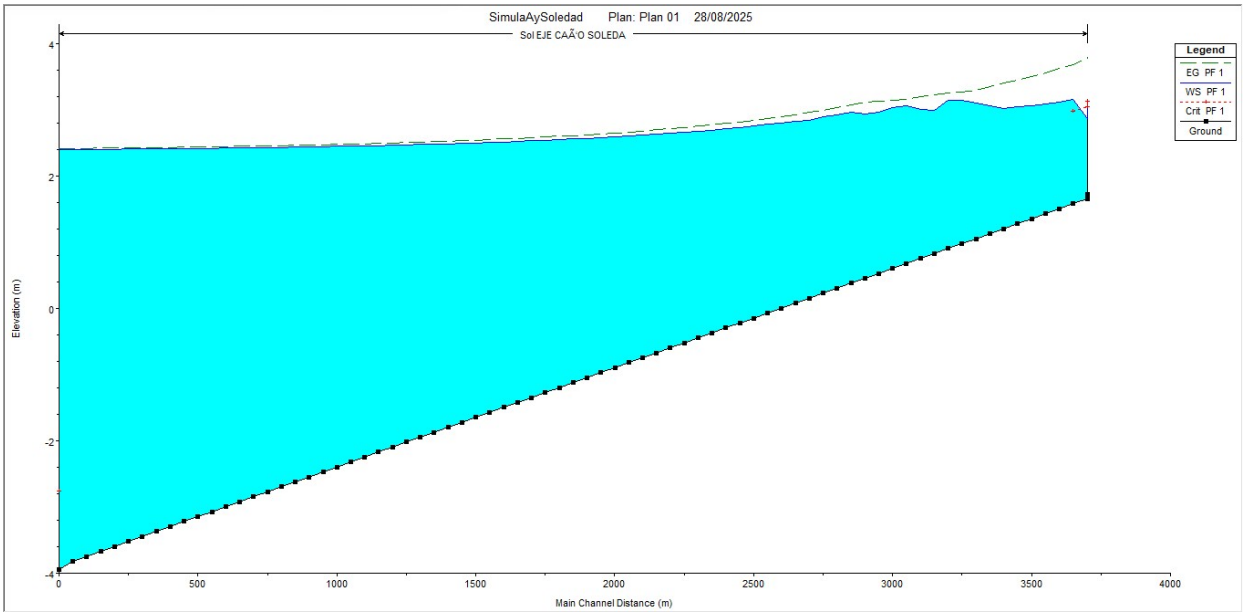


Figura 13 Perfil hidráulico caño Soledad.

A continuación, se presentan los resultados de la simulación.

Tabla 20 Resultados Simulación escenario 3 en HEC RAS

River Sta	Profile	Q Total m3/s	Min Ch El m	W.S. Elev m	Crit W.S. m	E.G. Elev m	E.G. Slope m/m	Vel m/s	Flow Area m2	Top Width m	Froude # Chl
3725.24	PF 1	90.2	1.73	3.13	3.13	3.81	0.001709	3.65	24.73	18.4	1
3685.56	PF 1	90.2	1.66	2.86	3.05	3.78	0.002732	4.23	21.3	18.21	1.25
3635.56	PF 1	90.2	1.58	3.16	2.98	3.68	0.001152	3.22	28.05	18.58	0.84
3585.56	PF 1	90.2	1.51	3.12		3.62	0.001069	3.14	28.73	18.61	0.81
3535.56	PF 1	90.2	1.43	3.09		3.56	0.000984	3.06	29.51	18.66	0.78
3485.56	PF 1	90.2	1.36	3.06		3.51	0.000897	2.97	30.49	20.69	0.74
3435.56	PF 1	90.2	1.28	3.05		3.45	0.000765	2.8	32.89	21.28	0.69
3385.56	PF 1	90.2	1.2	3.02		3.41	0.000722	2.76	33.15	23.6	0.67
3335.56	PF 1	90.2	1.13	3.06		3.35	0.000521	2.43	39.51	25.39	0.57
3285.56	PF 1	90.2	1.05	3.1		3.3	0.000358	2.08	48.03	28.76	0.48
3235.56	PF 1	90.2	0.98	3.14		3.26	0.000211	1.65	59.66	30.78	0.37
3185.56	PF 1	90.2	0.9	3.14		3.25	0.000179	1.55	64.23	32.4	0.34
3135.56	PF 1	90.2	0.83	3		3.22	0.000361	2.16	44.63	25.46	0.48
3085.56	PF 1	90.2	0.75	3.01		3.2	0.000302	2.01	48.57	27.05	0.44
3035.56	PF 1	90.2	0.68	3.06		3.16	0.000154	1.49	67.15	32.63	0.32
2985.56	PF 1	90.2	0.61	3.04		3.15	0.000168	1.57	63.35	31.01	0.33
2935.56	PF 1	90.2	0.53	2.97		3.13	0.000239	1.87	52.1	27.14	0.4
2885.56	PF 1	90.2	0.46	2.94		3.12	0.000247	1.93	49.4	25.3	0.4
2835.56	PF 1	90.2	0.38	2.96		3.08	0.000815	1.54	61.82	32.11	0.33
2785.56	PF 1	90.2	0.31	2.92		3.04	0.000794	1.53	61.65	32.22	0.32
2735.56	PF 1	90.2	0.23	2.89		3	0.00072	1.47	64.6	32.69	0.31

River Sta	Profile	Q Total m3/s	Min Ch El m	W.S. Elev m	Crit W.S. m	E.G. Elev m	E.G. Slope m/m	Vel m/s	Flow Area m2	Top Width m	Froude # Chl
2685.56	PF 1	90.2	0.16	2.85		2.96	0.000741	1.5	62.07	31.44	0.31
2635.56	PF 1	90.2	0.08	2.83		2.92	0.000578	1.39	66.71	28.4	0.28
2585.56	PF 1	90.2	0	2.8		2.89	0.000525	1.34	69.77	28.54	0.26
2535.56	PF 1	90.2	-0.07	2.78		2.87	0.000495	1.31	71.52	29.41	0.26
2485.56	PF 1	90.2	-0.15	2.76		2.84	0.000471	1.29	72.78	29.87	0.25
2435.56	PF 1	90.2	-0.22	2.73		2.82	0.00046	1.29	71.39	27.75	0.25
2385.56	PF 1	90.2	-0.3	2.71		2.8	0.000433	1.27	72.95	27.99	0.24
2335.56	PF 1	90.2	-0.37	2.7		2.77	0.000409	1.24	74.05	27.91	0.23
2285.56	PF 1	90.2	-0.45	2.68		2.75	0.000387	1.22	75.2	27.81	0.23
2235.56	PF 1	90.2	-0.52	2.66		2.73	0.000365	1.2	76.45	27.69	0.22
2185.56	PF 1	90.2	-0.59	2.64		2.72	0.000346	1.18	76.82	26.62	0.22
2135.56	PF 1	90.2	-0.67	2.63		2.7	0.000326	1.15	78.55	27.06	0.21
2085.56	PF 1	90.2	-0.74	2.62		2.68	0.000303	1.12	81.78	29.04	0.2
2035.56	PF 1	90.2	-0.82	2.6		2.67	0.000284	1.1	84.11	29.67	0.2
1985.56	PF 1	90.2	-0.89	2.59		2.65	0.000269	1.08	85.13	29.31	0.19
1935.56	PF 1	90.2	-0.97	2.58		2.64	0.000253	1.06	87.29	29.72	0.19
1885.56	PF 1	90.2	-1.04	2.57		2.62	0.000238	1.04	89.4	30.08	0.18
1835.56	PF 1	90.2	-1.12	2.56		2.61	0.000224	1.01	91.41	30.46	0.18
1785.56	PF 1	90.2	-1.2	2.55		2.6	0.000215	1	91.13	29.96	0.17
1735.56	PF 1	90.2	-1.27	2.54		2.59	0.000204	0.99	92.58	28.45	0.17
1685.56	PF 1	90.2	-1.35	2.53		2.58	0.000193	0.97	93.98	29.34	0.16
1635.56	PF 1	90.2	-1.42	2.52		2.57	0.000183	0.95	95.46	28.46	0.16
1585.56	PF 1	90.2	-1.5	2.52		2.56	0.000174	0.94	97.2	28.83	0.16
1535.56	PF 1	90.2	-1.57	2.51		2.55	0.000164	0.92	99.7	29.36	0.15
1485.56	PF 1	90.2	-1.65	2.5		2.54	0.000155	0.9	102.23	31.12	0.15
1435.56	PF 1	90.2	-1.72	2.49		2.53	0.000147	0.88	103.8	31.37	0.14
1385.56	PF 1	90.2	-1.79	2.49		2.53	0.00014	0.87	104.19	29.25	0.14
1335.56	PF 1	90.2	-1.87	2.48		2.52	0.000132	0.85	108.07	31.63	0.14
1285.56	PF 1	90.2	-1.94	2.48		2.51	0.000125	0.84	110.02	32.12	0.13
1235.56	PF 1	90.2	-2.02	2.47		2.51	0.000119	0.82	111.82	31.89	0.13
1185.56	PF 1	90.2	-2.09	2.47		2.5	0.000113	0.81	114.1	32.33	0.13
1135.56	PF 1	90.2	-2.17	2.46		2.49	0.000109	0.8	113.29	30.17	0.12
1085.56	PF 1	90.2	-2.24	2.46		2.49	0.000104	0.79	116.01	31.11	0.12
1035.56	PF 1	90.2	-2.32	2.45		2.48	0.000099	0.77	118.17	32.08	0.12
985.56	PF 1	90.2	-2.4	2.45		2.48	0.000093	0.76	121.54	32.08	0.12
935.56	PF 1	90.2	-2.47	2.45		2.47	0.00009	0.75	121.88	32.58	0.11
885.56	PF 1	90.2	-2.55	2.44		2.47	0.000086	0.74	124.32	33.67	0.11
835.56	PF 1	90.2	-2.62	2.44		2.46	0.000081	0.72	127.13	40	0.11
785.56	PF 1	90.2	-2.7	2.43		2.46	0.000077	0.71	128.95	40	0.11
735.56	PF 1	90.2	-2.77	2.43		2.46	0.000073	0.7	132.13	40	0.1
685.56	PF 1	90.2	-2.85	2.43		2.45	0.000069	0.69	134.38	40	0.1
635.56	PF 1	90.2	-2.92	2.43		2.45	0.000066	0.68	136.1	40	0.1
585.56	PF 1	90.2	-2.99	2.42		2.45	0.000062	0.67	139.9	40	0.1
535.56	PF 1	90.2	-3.07	2.42		2.44	0.000059	0.66	142.92	40	0.09
485.56	PF 1	90.2	-3.14	2.42		2.44	0.000056	0.65	145.05	40	0.09
435.56	PF 1	90.2	-3.22	2.42		2.44	0.000053	0.63	148.84	40	0.09
385.56	PF 1	90.2	-3.29	2.41		2.43	0.000051	0.62	151.17	40	0.09
335.56	PF 1	90.2	-3.37	2.41		2.43	0.000048	0.61	154.39	40	0.09
285.56	PF 1	90.2	-3.44	2.41		2.43	0.000049	0.6	156.54	40	0.09
235.56	PF 1	90.2	-3.52	2.41		2.43	0.000044	0.6	159.7	40	0.08
185.56	PF 1	90.2	-3.6	2.41		2.42	0.000042	0.59	162.52	40	0.08
135.56	PF 1	90.2	-3.67	2.4		2.42	0.00004	0.58	164.53	40	0.08
85.56	PF 1	90.2	-3.75	2.4		2.42	0.000038	0.57	167.75	40	0.08
35.56	PF 1	90.2	-3.82	2.4		2.42	0.000036	0.56	170.3	40	0.07
0	PF 1	90.2	-3.94	2.4	-2.76	2.41	0.000034	0.55	174.51	40	0.07

9.7 Análisis Hidrodinámico

Se realizará una simulación 2d del modelo creado en Hec-Ras, para determinar las zonas con mayores posibilidades de erosión por causa de las velocidades.

Este software facilita las simulaciones 2d y que pretende remplazarle en un futuro. Es desarrollado también por el cuerpo de ingenieros de US.

Se parte de cargar el modelo de elevación y crear una malla de cálculo:

Para este caso se han determinado dos mallas triangulares una de 2x2 metros en la zona de canalización y una de 5x5 metros fuera de ella para facilitar el tiempo de procesamiento.

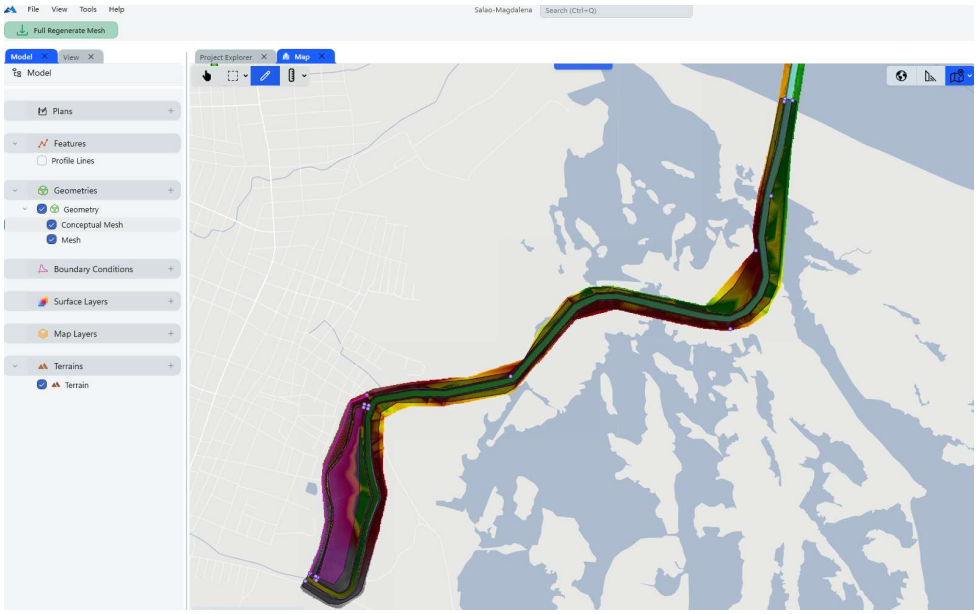


Figura 14 Malla de cálculo en RAS.

Se realizó el cálculo por un periodo de 8 horas con el hidrograma para el caudal máximo de 90.2 m3/s

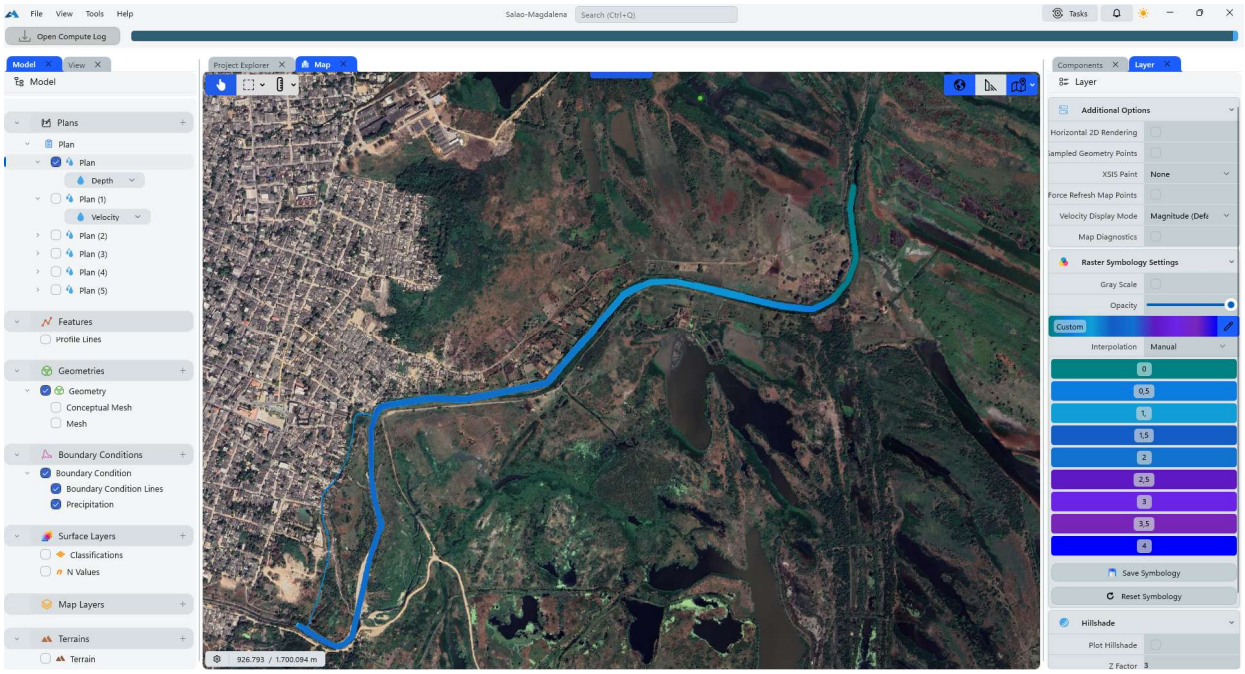


Figura 15 Resultados, Profundidad del agua en RAS.

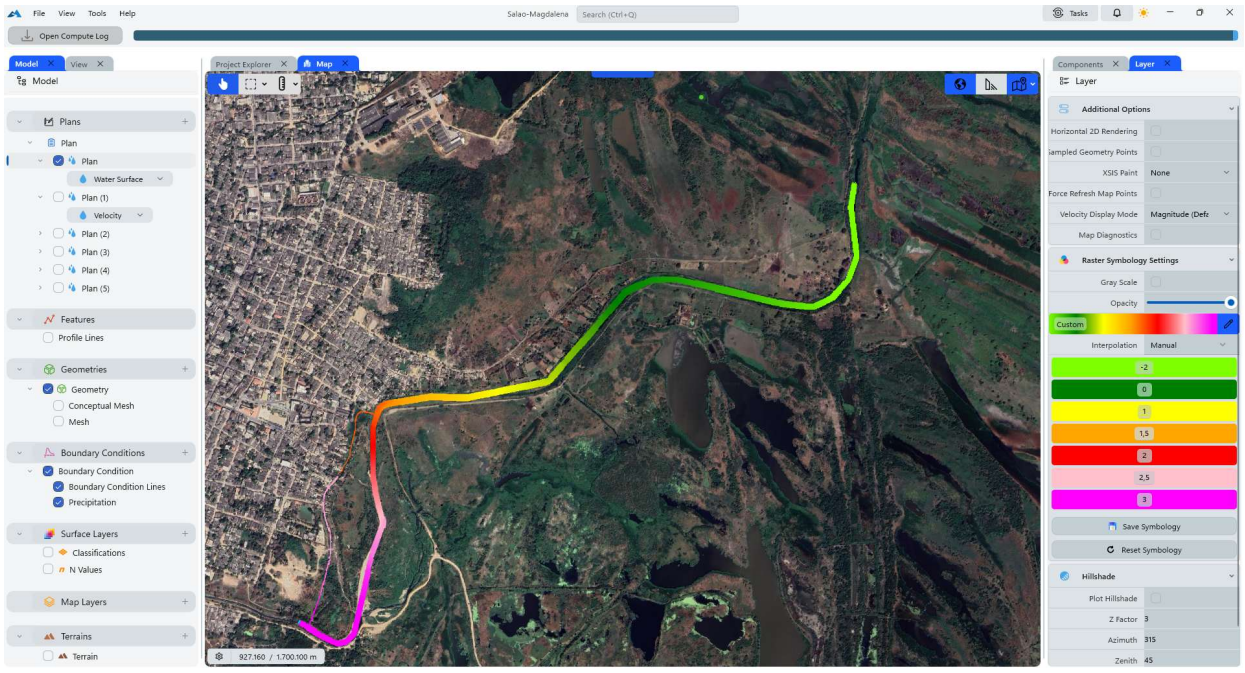


Figura 16 Resultados, Niveles de agua en RAS.

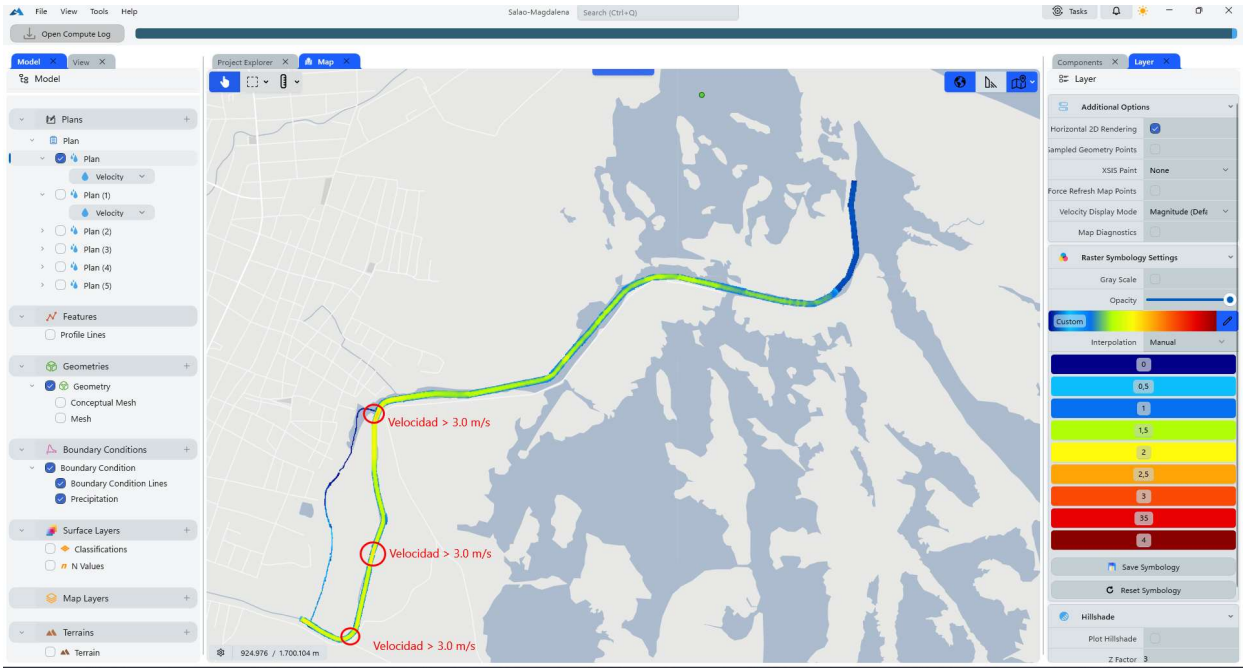


Figura 17 Resultados, Velocidades máximas en RAS.

En la imagen anterior se ubican los puntos con velocidades mayores a 3m/s, velocidades que resultan erosivas para canales en tierra y donde se requiere mayor protección.

10 DISEÑO GEOMETRICO

10.1 Canal

En este capítulo se analizan las necesidades dimensionales de geometría del canal para el caño soledad acorde a lo establecido en las condiciones y criterios de la simulación Hidráulica.

El nivel de referencia del canal se ajusta al sistema cartográfico nacional MAGNA- SIRGAS, obligando así que todos los niveles estén dados en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), ajustan los niveles del caño soledad y los del río Magdalena a un mismo sistema.

Para el trazo del eje del caño, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones.

1. El eje se trazó, siguiendo el Thalweg actual o la línea de mayor profundidadpara evitar dragados excesivos,
2. En lo posible se debe de conservar el eje actual del caño, siempre y cuando cumpla con mínimos hidráulicos que permitan el flujo sin desbordamiento.
3. El ancho de la solera será aquel que garantice el tránsito del flujo para caudales en un periodo de retorno de 2 años o evento mínimo y

máximo de 100 años.

De acuerdo con la información antecedente, las dimensiones que se han dado al canal son las siguientes:

Sección: Trapezoidal
Alineamiento:
Siguiendo eje Ancho de solera: 27metros.

Cota de solera: -2 m.s.n.m.
Talud: Vertical 1 metro, Horizontal 2 metros.

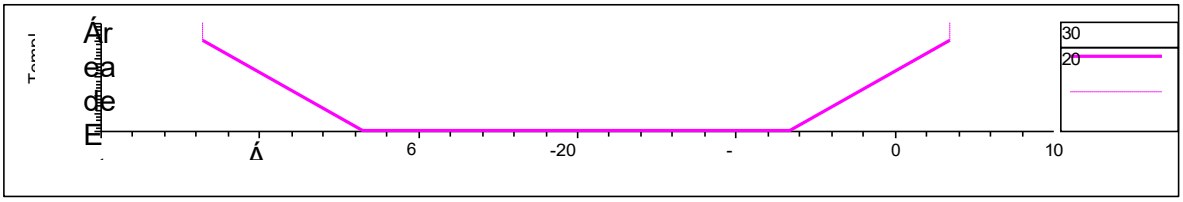


Figura 18 Sección de Diseño.

10.2 Dique marginal.

Para la determinación de las características dimensionales del dique marginal, se hace necesario para lograr su estabilidad, evaluar el factor de seguridad contra el deslizamiento mediante métodos de mecánica de suelos.

Para el logro de dicha estabilidad, se requiere de la determinación de los taludes encada uno de sus paramentos, sea húmedo o seco cuya inclinación depende del tipode materiales que lo conformaran.

La sección típica de diseño se presenta en la siguiente figura.

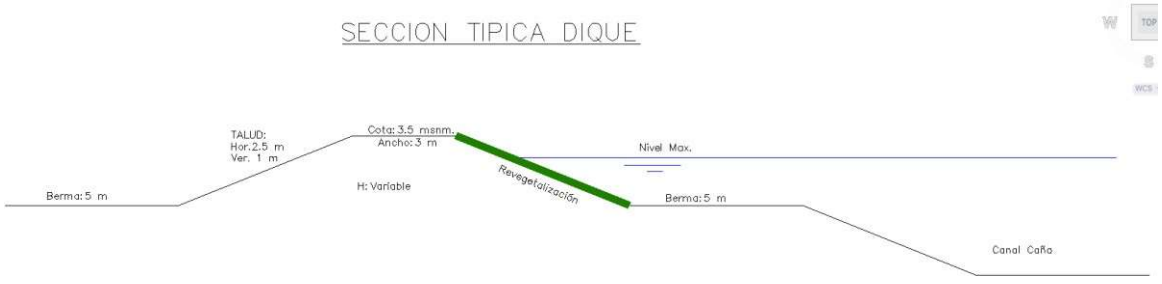


Figura 19 Sección típica Dique

10.2.1 Cota de corona

La cota de corona deberá de localizarse al nivel máximo presentado durante la época invernal (+3.5 metros), el cual incluye borde libre del 30%, que supla los efectos de las olas y de seguridad ante un incremento de este nivel por un evento hidrológico.

10.2.2 Ancho de corona

El ancho de la corona está en función de: altura del dique, materiales a utilizar y porel equipo a implementar en su construcción.

Para su determinación se utilizó al formulación del U.S. Boreau of Reclamation :

$C = 3 + Hmax/5$, obteniéndose un ancho de corona de 3.00 metros.

10.2.3 Taludes

La determinación de los taludes que garantizan la integridad de la estructura en condiciones desfavorables depende de las características de los materiales y de su comportamiento durante condiciones húmedas, en general se proyecta un dique con igual inclinación en la parte húmeda que en su parte seca.

Para evaluar su deslizamiento o falla se utilizó el método de Taylor.

10.2.3.1 Método de Taylor

El método Taylor sintetiza a través de un ábaco, los parámetros necesarios mínimos para el equilibrio a corto plazo de un talud homogéneo dada la geometría, ángulo de fricción interna cohesión y densidad del suelo sin necesidad de establecer la superficie critica de deslizamiento.

El procedimiento general propuesto por Taylor es el siguiente:Se establecen los parámetros de campo:
Angulo de fricción interna: 22°
Altura máxima de diseño: 1.26 metros Profundidad de base firme: 2.5 Textura: Arenas limo arcillosas Cohesión Humeda:3 ton/m2
Peso volumen húmedo: 1.9 ton/m3

Se propone un talud a chequear en este caso el talud de 1metro vertical y 2.5 metros

horizontal obtenido mediante el ángulo de fricción interna del suelo.

Se calcula el facto de profundidad (Fp) relación entre la altura en firme y altura dediseño Hf/Hd, obteniéndose un factor de profundidad de 2.38 m

Con el factor de profundidad y el talud propuesto a chequear, se entra en el ábaco para obtener el coeficiente de estabilidad Ne de 6.5, posteriormente se calcula la altura critica (Hc) obtenido por la multiplicación del coeficiente de estabilidad por la relación entre la cohesión húmeda y peso volumétrico húmedo del suelo, Hc:Ne*Ch/γh, Hc: 10.26 m, con este valor se entra a calcular el factor de seguridad (Fs) relación entre la altura crítica y altura de diseño obteniéndose el factor de seguridad (Fs) de 8.14 el cual debe de ser mayor a 1.5, para lo cual se considera que el talud propuesto es estable.

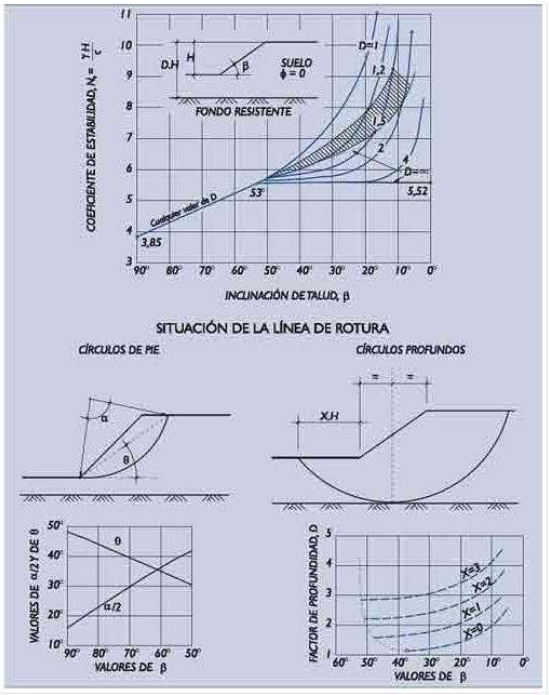


Figura 20 Abaco de Taylor

11 COMPONENTE CIVIL

11.1 Obras de Protección

Las obras de protección contra inundaciones proyectadas a lo largo del cauce del caño Soledad y su afluente están dispuestas por dos (2) tipos de intervención, ubicadas en varios puntos críticos de la obra.

11.1.1 Revestimiento en concreto.

Consiste implementación de un revestimiento en concreto en un tramo de 800 metros, iniciando en la abscisa 0+000 desembocadura del arroyo el Platanal. Esta estructura será construida en concreto hidráulico de 4000 psi reforzado e impermeabilización.

Para el diseño del sistema de revestimiento en concreto se debe realizar un análisis de estabilidad externa en función de las características del suelo, las propiedades geométricas del talud a revestir y los parámetros hidráulicos y geométricos del cauce.

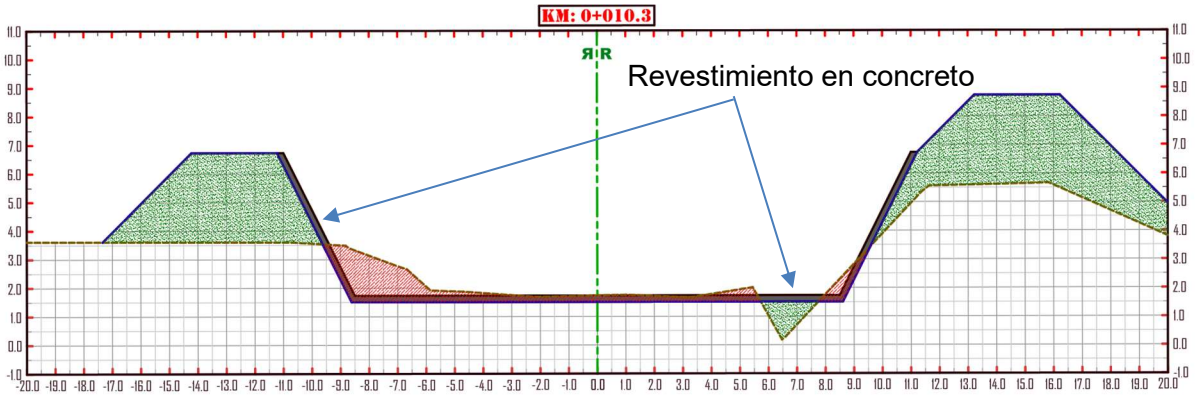


Ilustración 4 Sección caño Soledad con revestimiento en concreto

11.1.2 Muro de contención

Consiste en la construcción de un muro de contención de 100 ml de largo ubicado entre la abscisa 0+950 a la abscisa 1+050 del cauce del caño Soledad.

Esta estructura será construida en concreto hidráulico de 4000 psi reforzado e impermeabilización, con zapata en sistema de micropilotes.

Para la construcción del muro en concreto se debe realizar un análisis de estabilidad externa en función de las características del suelo, las propiedades geométricas del talud a revestir y los parámetros hidráulicos y geométricos del cauce.

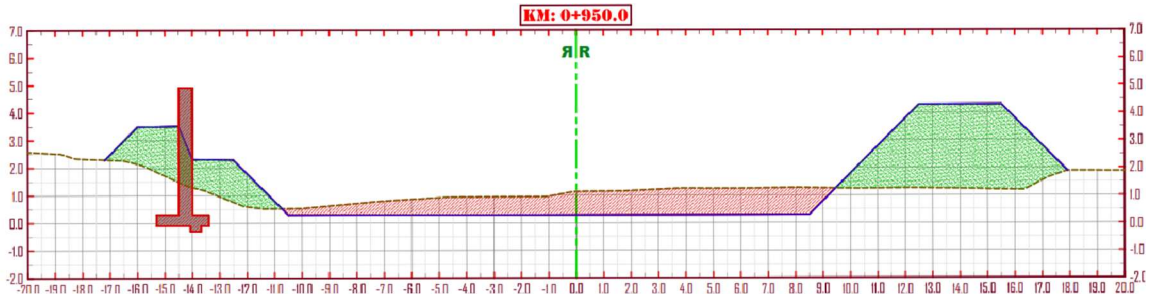


Ilustración 5 Sección caño Soledad muro de contención en concreto

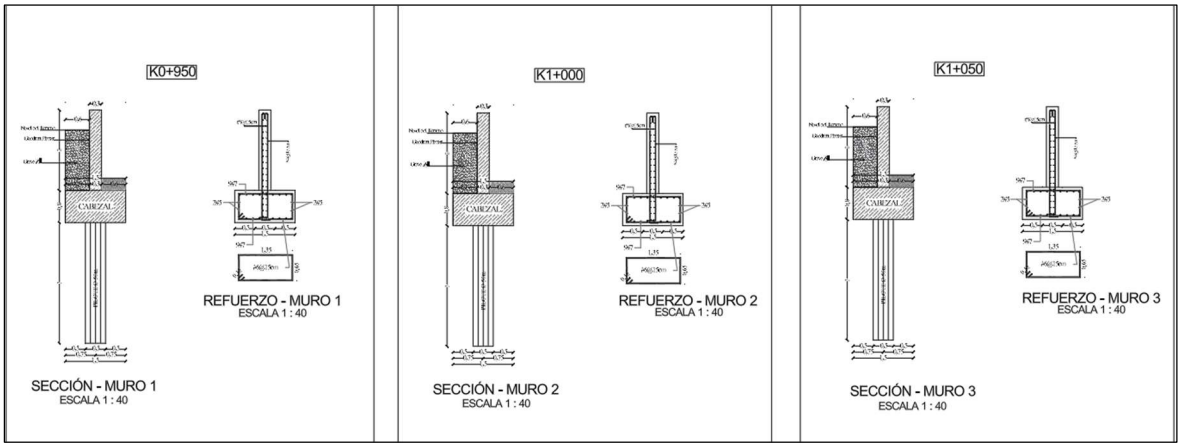


Ilustración 6 Tipología de muro de contención con Pilotaje

11.1.2.1 Código Y Norma De Diseño

El diseño y la revisión estructural se realizan con base en las siguientes normas:

• Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistentes NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica 2010).

• Código colombiano de puentes, CCP-14

11.1.2.2 Programas

Se utilizaron los siguientes programas: • SAP2000 ®: análisis y diseño de la superestructura.

11.1.2.3 Diseño Por Estados Límites

Las cargas y combinaciones de carga serán las aplicables al Diseño para Estados Límites de Resistencia según el Título B del Reglamento. El diseño se basará en el principio de que ningún estado límite de resistencia o de servicio será excedido cuando la estructura sea sometida a cada una de las combinaciones de carga aplicables. Se considera que el diseño satisface los requisitos cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual que la resistencia requerida calculada. Esta condición se traduce en la ecuación:

R$u \leq \phi Rn$

Donde:

Ru = Resistencia requerida

Rn = Resistencia nominal

ø = Coeficiente de reducción de resistencia

ϕRn = Resistencia de diseño

Para la evaluación de la cubierta en madera se empleará el método de los esfuerzos admisibles según el Titulo G del Reglamento. El diseño por esfuerzos admisibles consiste en comparar los esfuerzos admisibles de un material contra los esfuerzos de trabajo resultante de las cargas de servicio.

11.1.2.4 Carga Muerta

Las cargas muertas cubren todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo su estructura. El peso propio de los elementos estructurales (por ejemplo, columnas, muros, vigas, loseta) son calculados directamente por el programa de análisis (SAP2000) utilizando el área de las secciones, la longitud de los elementos estructurales y el peso específico de los materiales. Las cargas muertas adicionales no tenidas en cuenta como peso propio por el programa son:

N

Peso de relleno en el talón (2.0m) 6.00 Ton/m2

Pie del muro

Peso de relleno en el pie (todos) 2.00 Ton/m2

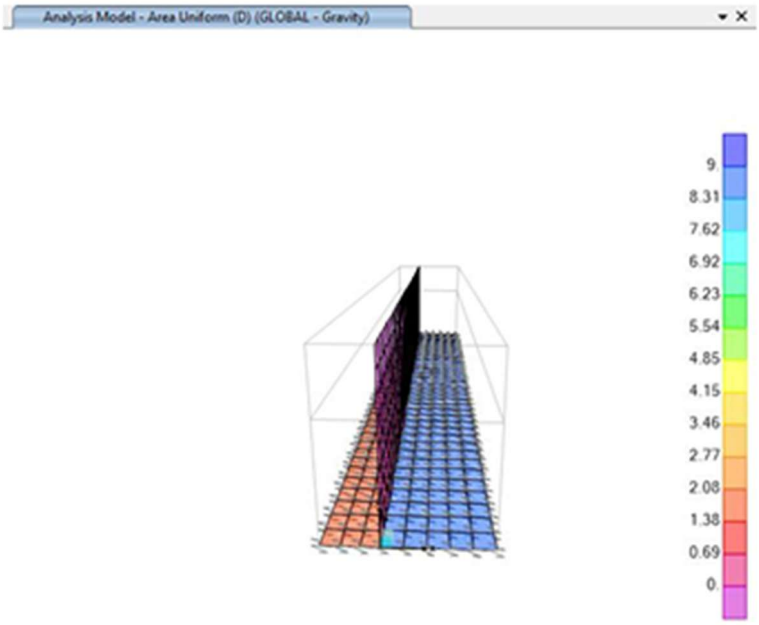


Imagen 6 Carga muerta muro de 2m (Ton/m2)

11.1.2.5 Diseño Estructural

En las siguientes imágenes se muestra el refuerzo requerido para las secciones de concreto en SAP2000 en mm2/mm

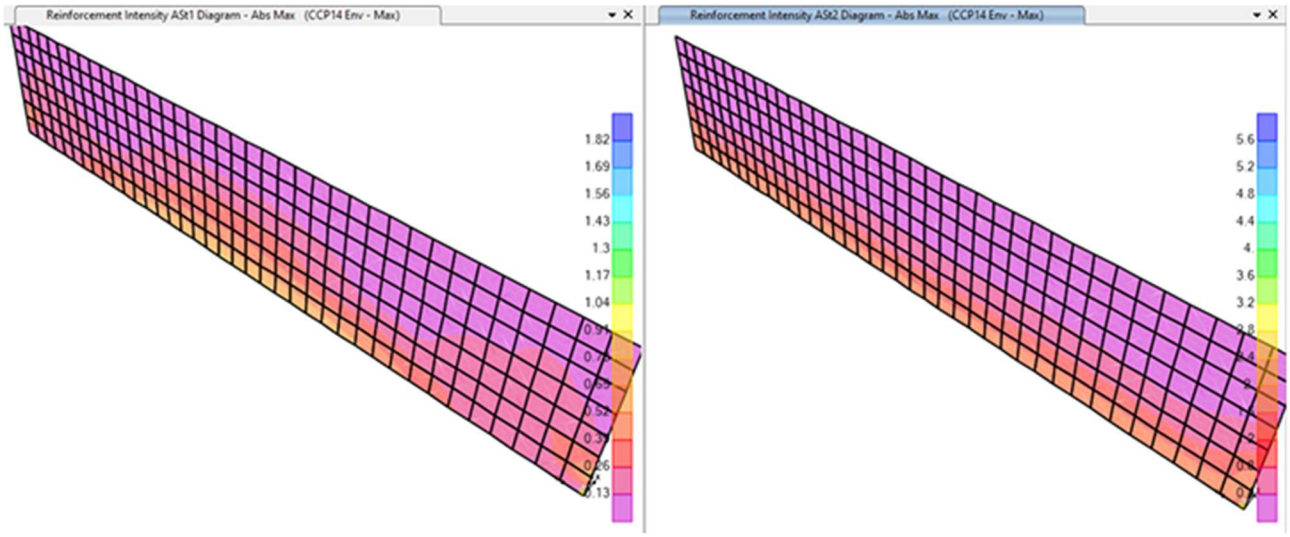


Imagen 7 Refuerzo requerido por el vástago del muro para la envolvente de todas las combinaciones de carga, izquierda AST1, AST2 [mm2/m]

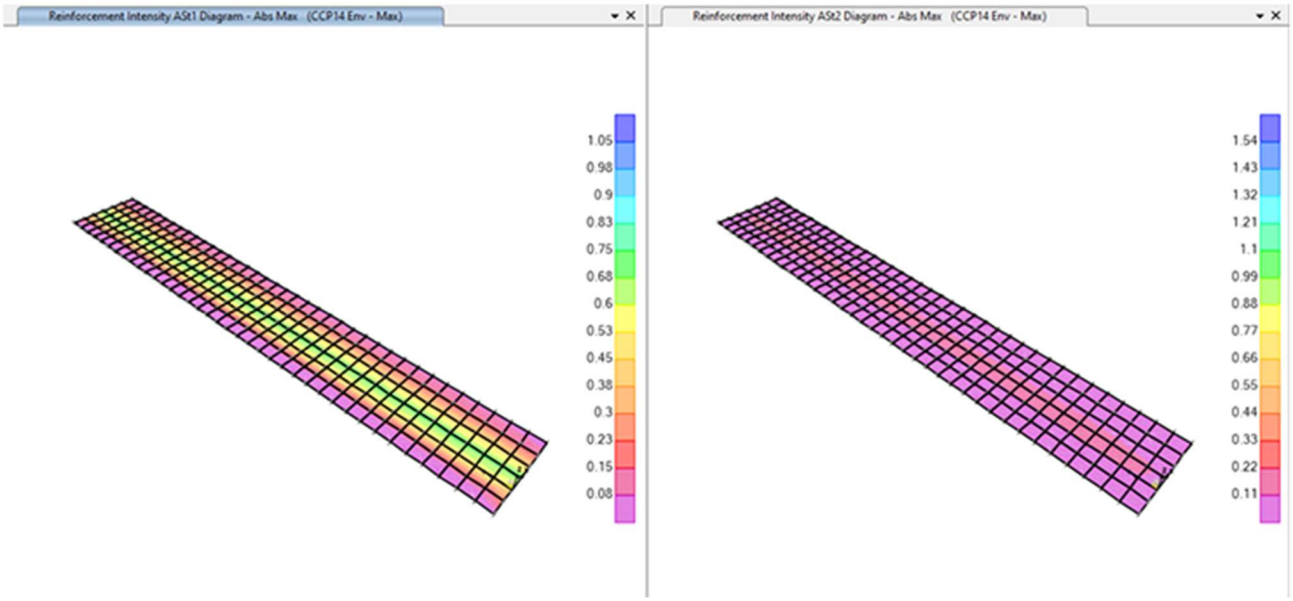


Imagen 8 Refuerzo requerido por la zapata del muro para la envolvente de todas las combinaciones de carga, izquierda AST1, AST2 [mm2/m]

Se observa que el máximo refuerzo requerido se encuentra en la base del vástago (1500mm2/m) el cual es inferior al refuerzo suministrado en los planos estructurales (#5@100mm, 2000mm2/m), de igual manera a nivel de cimentación se presenta un momento de 1050mm2/m, para estos también fue utilizado refuerzo #5@100mm (2000mm2/m), por tanto, se considera que el refuerzo a flexión presente en el muro es apropiado.

11.1.2.6 Diseño De Cimentación

La capacidad portante admisible del suelo empleada en el diseño es de 14.4 Ton/m2 (144 kPa) y el módulo de subrasante3 de 1.73 kg/cm3 (17300 kN/m3).

Las presiones de contacto sobre la losa de fondo zapata se muestran en la Imagen 9, esta corresponde a la presión debido a la envolvente de las cargas no mayoradas (servicio) incluyendo cargas laterales, se observa que estas presiones de contacto no superan la capacidad admisible (14.4Ton/m2).

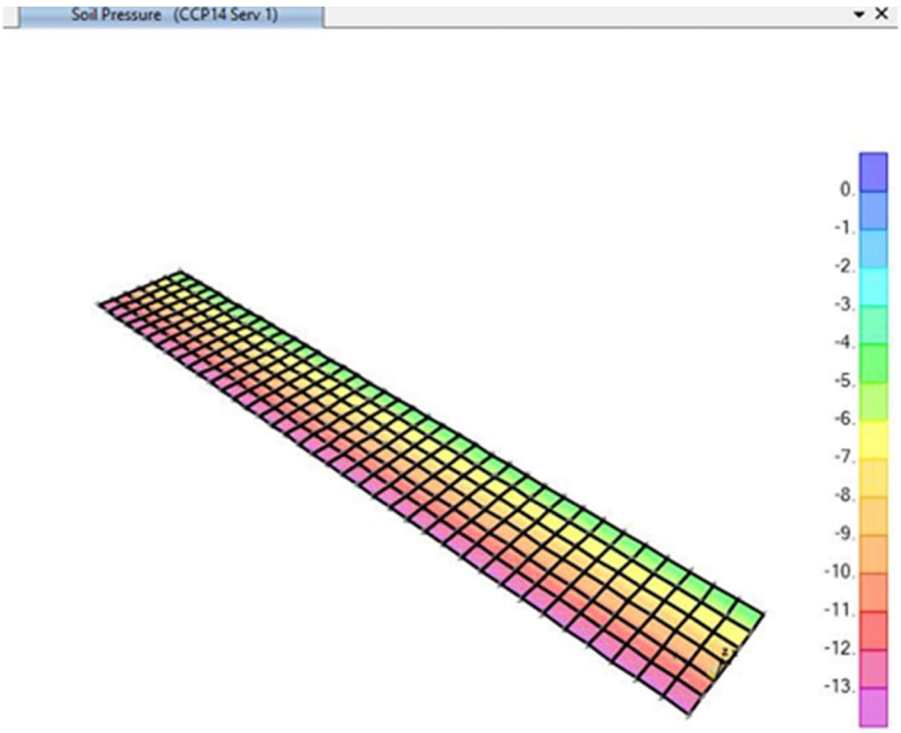


Imagen 9 Presión de contacto zapata muro de contención para la condición servicio I [Ton/m2]

12. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

12.1 Introducción

Las obras proyectadas consisten en la recuperación de la sección hidráulica

del caño Soledad, su afluente y las obras de protección contra inundaciones, trabajos que contemplan una serie de actividades para logra el objetivo de mitigar el riesgo de desastre en el municipio de soledad departamento del atlántico.

A continuación, se describen los procedimientos empleados para el cálculo de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y obtención del presupuesto del proyecto, mostrando, al final, los datos obtenidos en dichos procesos.

12.2 Cantidades de obra

Las cantidades de obra de las diferentes actividades a realizar se estructuraron en cinco (5) actividades principales como se registra en la siguiente tabla.

ITEM	ACTIVIDAD
	CAÑO SOLEDAD AFLUENTE PRINCIPAL
1.00	**OBRAS PELIMINARES - MOVIMIENTO DE TIERRAS**
1.1	Control topográfico con niveles y control de movimiento de tierra.
1.2	Trazado y replanteo
1.3	Limpieza y descapote
1.4	Demolición estructuras existentes
1.5	Excavación con maquinaria en tierra para conformación de sección (incluye Cargue de material y retiro proveniente de la excavación a botadero certificado)
1.6	Dragado para recuperación de cauce
1.7	Repaleo del material proveniente de excavaciones y dragado
1.8	Construcción de celdas para acopio de material proveniente de la actividad de excavación en agua
1.9	Transporte de Material proveniente de la excavación distancia a sitio de disposición final mayor de 5 kms.
2	Relleno en material afirmado invias para levante de diques.
2.00	**CANALIZACION CAÑO: ACERO Y CONCRETO**
2.1	Relleno en material afirmado base para mejoramiento de canal.
2.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.
2.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.
2.4	Bolsacreto

3.00	**MURO DE CONTENCION**
3.1	Cimentación con pilotes en concreto.
3.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.
3.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.
3.4	Bolsacreto
CAÑO SOLEDAD AFLUENTE CANAL	
4.00	**RECUPERACION CANAL MERCADO**
4.1	Limpieza y descapote
4.2	Demolición estructuras existentes
4.3	Excavación con maquinaria en tierra para conformación de sección (incluye Cargue de material y retiro proveniente de la excavación a botadero certificado)
4.4	Transporte de Material proveniente de la excavación distancia a sitio de disposición final mayor de 5 kms.
4.5	Relleno en material afirmado invias para levante de hombros.
5.00	**CANALIZACION ARROYO: ACERO Y CONCRETO**
5.1	Relleno en material afirmado base para mejoramiento de canal.
5.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.
5.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.

Tabla 21 Actividades a Desarrollar.

Con los resultados de los análisis hidrológicos que permitieron establecer los caudales de diseño, con el resultado del estudio hidráulico que permitió obtener la sección optima al transporte de los caudales de diseño y el resultado del estudio topográfico que permitió conocer las condiciones actuales del caño de Soledad, se establecieron bases para la determinar cantidades de obra obteniéndose las siguientes para cada actividad.

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
CAÑO SOLEDAD AFLUENTE PRINCIPAL			
1.00	**OBRAS PELIMINARES - MOVIMIENTO DE TIERRAS**		
1.1	Control topográfico con niveles y control de movimiento de tierra.	mes	48.0
1.2	Trazado y replanteo	m2	114,000.0
1.3	Limpieza y descapote	m2	114,000.0
1.4	Demolición estructuras existentes	m3	1,500.0
1.5	Excavación con maquinaria en tierra para conformación de sección (incluye Cargue de material y retiro proveniente de la excavación a botadero certificado)	m3	42,076.0
1.6	Dragado para recuperación de cauce	m3	43,979.0

1.7	Repaleo del material proveniente de excavaciones y dragado	m3	25,816.5
1.8	Construcción de celdas para acopio de material proveniente de la actividad de excavación en agua	m3	4,397.9
1.9	Transporte de Material proveniente de la excavación distancia a sitio de disposición final mayor de 5 kms.	m3/km	765,783.2
2	Relleno en material afirmado invias para levante de diques.	m3	93,234.0
2.00	**CANALIZACION CAÑO: ACERO Y CONCRETO**		
2.1	Relleno en material afirmado base para mejoramiento de canal.	m3	11,440.0
2.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.	kg	657,800.0
2.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.	m3	5,720.0
2.4	Bolsacreto	m3	200.0
3.00	**MURO DE CONTENCION**		
3.1	Cimentación con pilotes en concreto.	ml	100.0
3.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.	kg	37,950.0
3.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.	m3	330.0
3.4	Bolsacreto	m3	200.0
CAÑO SOLEDAD AFLUENTE CANAL			
4.00	**RECUPERACION CANAL MERCADO**		
4.1	Limpieza y descapote	m2	18,000.0
4.2	Demolición estructuras existentes	m3	300.0
4.3	Excavación con maquinaria en tierra para conformación de sección (incluye Cargue de material y retiro proveniente de la excavación a botadero certificado)	m3	3,353.0
4.4	Transporte de Material proveniente de la excavación distancia a sitio de disposición final mayor de 5 kms.	m3/km	87,178.0
4.5	Relleno en material afirmado invias para levante de hombros.	m3	880.0
5.00	**CANALIZACION ARROYO: ACERO Y CONCRETO**		
5.1	Relleno en material afirmado base para mejoramiento de canal.	m3	2,680.0
5.2	Acero de refuerzo: losa perimetral con malla electrosoldada de 6 mm 15 x 15 espaciamiento.	kg	134,837.5
5.3	Placa de concreto de 4.000 Psi, con grava de 3/4", premezclada de la planta. H = 0,20 m.	m3	1,172.5

Tabla 22 Cantidades de obra.

Las cantidades de obra se obtuvieron de los planos de diseño utilizando para ello, la herramienta informática de AutoCAD y sus unidades del patrón

definido a nivel ingeniería.

12.3 Descripción de las actividades

12.3.1 Replanteo planimétrico, altimétrico y batimétrico

Consiste en la materialización de todas las líneas de diseño en campo mediante proceso topográfico, acorde a lineamientos específicos y su respectivo control antes, durante y después cuyo pago se realiza a nivel mensual.

12.3.2 Movilización y desmovilización

Actividad que consiste en el desplazamiento de todo el equipo mínimo que desarrollara las obras, desde el sitio de ubicación hasta el frente de trabajo y de forma análoga su desmovilización.

La unidad de medida considerada fue global, como su palabra lo indica se está solicitando que la partida presupuestal se globalice, es decir que no se desglose; que no tenga un descompuesto, con el objeto de mantenerla fija, acorde a lo establecido del análisis de mercadeo.

Por lo anterior, la cantidad para esta actividad por su característica se establece enla unidad, Uno (1)

12.3.3 Construcción de celdas para acopio de material dragado

Consiste, en la construcción de zonas de acopio para alojar los materiales producto del dragado hidráulico, los cuales estarán confinados mediante un dique en material terreo, obtenido de préstamo lateral, construido en geometría específica para dar almacenamiento total a las cantidades de obra consideradas, provisto de un vertedero de excesos que permita vertimiento de las aguas retornar libre de sólidos, acorde a lo establecido en el numeral 10 sitios de disposición.

Su unidad de medida es el metro cubico(m3).

12.3.4 Suministro y aplicación de biodegradador

Corresponde, la aplicación de un producto que se descompone en los elementos químicos que lo conforman, por la acción de agentes biológicos bajo condiciones ambientales naturales sin afectar el entorno, el cual se empleara en el control de micrófitos y disipación de olores de los materiales extraídos.

Por lo anterior la unidad de medida para esta actividad es el metro cuadrado o áreade cobertura.

12.3.5 Dragado y disposición final

Consiste en la extracción de sedimentos del fondo del caño Soledad en el tramo comprendido entre las abscisas k3+745,96 (rio magdalena) y k3+100 (Boca del caño Soledad) acorde al diseño específico, mediante la implementación de una draga tipo cortadora de succión, con transporte por medio de tuberías flotantes y de tierra y disposición final sobre la celda para su almacenamiento.

Por la característica de esta actividad, su unidad de medida es el metro cubico (m3).

12.3.6 Excavación mecánica para recuperación de cauce

Consiste en la remoción de sedimentos mediante proceso de excavación mecánica, implementando para ello equipos del tipo Excavadoras sobre orugas de brazo largo(18 metros), que permitan la construcción de la sección de diseño específica en geometría y tolerancias.

Los materiales producto de esta labor serán utilizados en la conformación del diquemarginal para el control de inundaciones.

La unidad de medida es el metro cubico (m3), la cual se desarrollará entre las abscisas k0+000 a k3+100.

12.3.7 Cargue y disposición de material común a 12 km

Corresponde a esta actividad, el cargue, transporte y disposición final del material, de exceso producto de la excavación mecánica el cual no se utilizará en la construcción de los diques marginales de protección contra inundaciones.

La unidad de medida para esta actividad es el metro cubico (m3).

12.3.8 Fortalecimiento de las organizaciones comunitaria en los procesos de planificación y ejecución del proyecto

Corresponde a esta actividad, la inclusión participativa de la comunidad beneficiariacon el proyecto, para llevar a cabo el desarrollo de programas de manera concertada respetando la autonomía de las organizaciones comunitarias existentes, sensibilizando a la población y exponiendo el proyecto mediante conferencias e impresos de libre circulación.

En atención al análisis de mercadeo, su unidad de medida es Global exigiendo su permanencia presupuestal definida fija.

12.3.9 Gestión de residuos solidos

Corresponde a esta actividad el manejo de los residuos sólidos propios de la labor de extracción de sedimentos y a su vez la sensibilización comunitaria para manejo de los mismos, mediante conferencias y pasquín de libre circulación, cuya unidad de medida es global.

12.3.10 Plan de manejo ambiental

Corresponde al seguimiento al plan de manejo ambiental acorde a las fichas técnicas ambientales para el cumplimiento de acciones necesarias para la prevención, mitigación, control, compensación y corrección de impactos negativos generados en el desarrollo del proyecto, el cual requiere de un control continuo, con unidad de medida mes.

12.3.11 Monitoreo ambiental

Esta actividad, consiste en la acción de toma de muestras mensual durante el desarrollo del proyecto para control de calidad de los trabajos en condición antes, durante y después del proceso, con el objeto de realizar comparativo a condicionesiniciales e indicadores mínimos estándar en materia.

Esta actividad requiere de ejecución mensual para toma de muestreo y resultados del mismo.

12.3.12 Seguimiento y control.

Corresponde a esta actividad la generación estadística de resultados consolidados a nivel mensual, de indicadores de: el desarrollo a planes y proyecto, para ser expuestos a la comunidad en mesa de trabajo.

12.3.13 Planes de emergencia

Consiste, en el desarrollo de acciones organizadas tendientes a establecer esquemas, para dar respuesta temprana a ocurrencia de eventos que expongan la integridad de la comunidad e infraestructura, los cuales serán debidamente concertados con la comunidad.

Su unidad de medida es global, por la característica del mismo, la cual acorde al estudio de mercadeo se considera fija.

12.4 Análisis de precios unitarios

Definidas las actividades a desarrollarse en caño soledad, se realizaron los correspondientes análisis de precios unitarios contemplando las situaciones específicas de cada caso, estructurados en cuatro (4) componentes principales como son: Equipos, Materiales, Transporte y Mano de obra, cuyos precios se fundamenta en costo del mercado. Ver anexos.

12.5 Presupuesto

Definidas las cantidades de obra para los ítems, y definidos los precios unitarios de cada uno, se calcularon los presupuestos correspondientes a cada tramo.

El costo total para las obras incluida su interventoría es de **sesenta y cinco mil quinientos sesenta y ocho millones seiscientos setenta y ocho mil doscientos cincuenta y siete pesos** M.L.., **$65.568.678.257**

13. CAPACIDAD REQUERIDA DEL EQUIPO MINIMO

Se presentan a continuación, los criterios básicos para la definición de la capacidad del equipo mínimo para la logística de la ejecución de las actividades y determinación del plazo de ejecución definido en Veinticuatro (24) meses.

- **Jornal laboral**

  - Días laborales de 12 Horas desde las 6:00 am. A 6:00 pm
  - Meses de 30 días, todos laborales.
  - Año de 12 meses.

- **Tiempo productivo real diario**

  - Tiempo de trabajo diario luz día 12 Horas
  - Tiempo no productivo 1.5 Horas (Almuerzo 1 Hora, otros 0.5 Hora)
  - Mantenimiento rutinario 0.5 Horas
  - Avance, anclas, puntales y tubería 1.5 Horas
  - Maniobras (colocación de tubería, limpieza cortadora) 1.5 Horas
  - Tiempo no productivo 4 Horas
  - Tiempo real productivo por día 8 Horas.

- **Tiempo productivo mensual 270 Horas**

- **Rendimiento maquinaria**

  - Draga Hidráulica 475 m3/hr.
  - Excavadora en actividad de dragado mecánico 50 m3/hr
  - Excavadora en actividad de conformación dique marginal 45 m3/hr
  - Excavadora en construcción de celdas 45 m3/hr.
  - Bulldozer 80 m3/hr
  - Excavadora en actividad de cargue y disposición final 120 m3/hr
  - Capacidad de volqueta 7, 9 y 16 m3

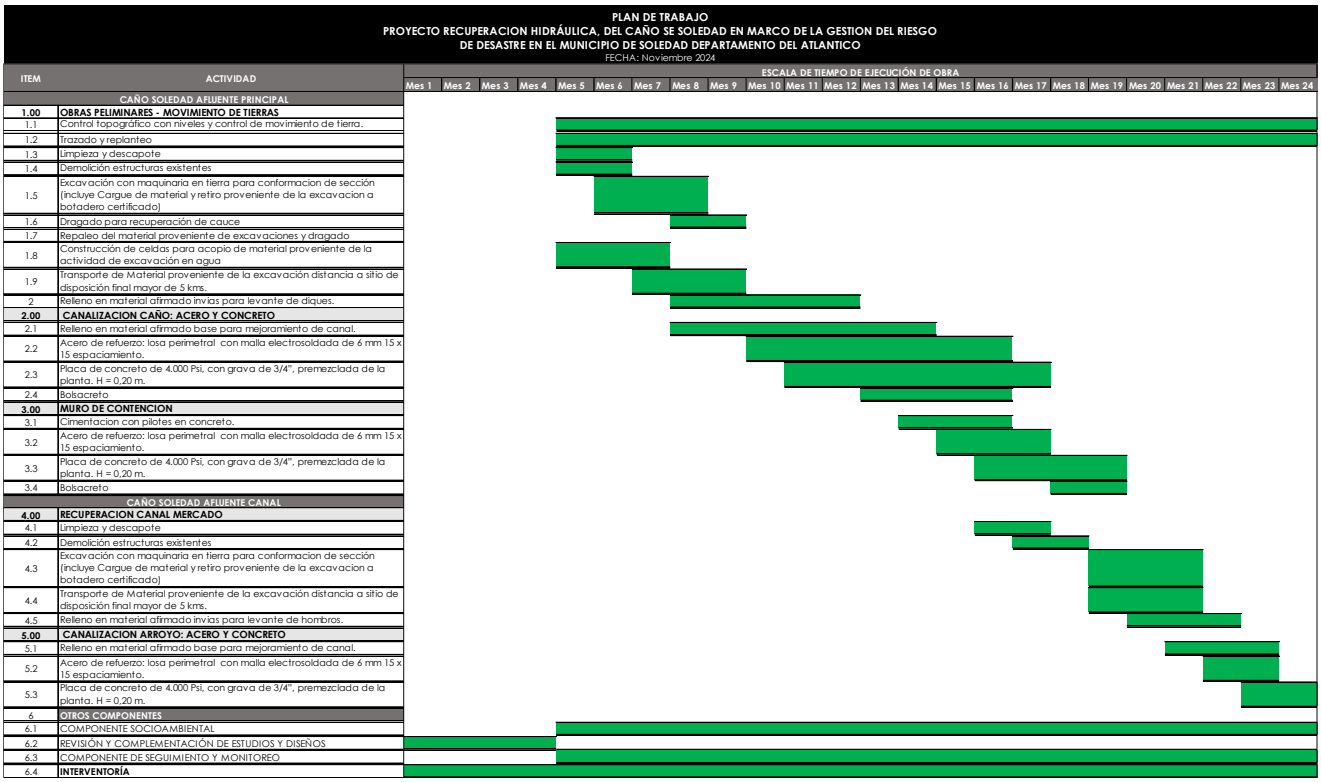
- **Plazo de ejecución**

- **Plazo de ejecución total 8.760 días, 24 meses**.

- **<u>Producción horaria mínima necesaria con respecto al plazo de ejecución</u>**

  - Actividad de Construcción de celdas, 11.67 m3/hr.
  - Actividad de Dragado, 74 m3/hr
  - Actividad de Excavación mecánica recuperación de cauce, 350 m3/hr
  - Actividad de Cargue y disposición, 305 m3/hr
  - Actividad de conformación dique marginal 45 m3/hr.

14. PROGRAMA DE TRABAJO



Gráfica 25 Programa de trabajo.

15. METODOS CONSTRUCTIVOS

El método de trabajo para el desarrollo del proyecto acorde a las actividades a desarrollar de la maquinaria a implementar y del programa de trabajo se describe acontinuación.

15.1 Método de ejecución

La secuencia de ejecución de los componentes de mayor integridad del proyecto debe de ser:

1. Preliminares: consiste en la movilización de maquinaria, equipos y replanteotopográfico.
2. Construcción de Zonas de acopio a materiales de dragado y suministro debiodegradador.
3. Recuperación hidráulica del caño Soledad mediante el Dragado hidráulico en el tramo comprendido entre las abscisas k3+745,96 (rio magdalena) y k3+100 (Boca del caño Soledad) acorde al diseño específico y Dragado mecánico del caño soledad entre el k3+100 a k0+000 con la construcción simultanea de los diques de control de inundación con préstamo lateral; los materiales sobrantes de los sectores que no requierende diques serán retirados a zona de acopio en una longitud no mayor de
4. Revegetalización de taludes
5. Componente socio ambiental y Planeación sobre el riesgo e implementaciónde acciones de mitigación.

De esta forma, se garantiza la recuperación hidráulica del caño Soledad.

15.2 Secuencia de ejecución de los componentes

La secuencia de construcción será la siguiente:

Primero se realiza el replanteo topográfico de todo el sector, con el objeto de la actualización a cantidades de obra, materialización del trazado geométrico del canal y la zona de acopio, posteriormente se realiza la movilización de maquinaria y equipo que desarrollara las actividades y de manera simultánea se desarrolla el componente socio ambiental y plan de riesgo.

Desarrollada la movilización, replanteo topográfico y zona de acopio, se procede a larecuperación hidráulica desarrollando actividades simultaneas de dragado hidráulico entre las abscisas k3+100 a k3+745,96 con disposición en la zona de acopio y dragado mecánico entre el k0+000 a k3+100 con disposición marginal para la conformación de diques.

Los materiales que no son utilizados para la conformación de los diques serán retirados del sector hasta la zona de acopio, localizada en una longitud no mayor de12 Km, debidamente aprobada por la interventoría del proyecto.

15.3 Secuencia de ejecución individual

15.3.1 Preliminares

15.3.1.1 Replanteo y control topográfico

15.3.1.1.1 Levantamiento planimétrico
15.3.1.1.2 Levantamiento altimétrico
15.3.1.1.3 Levantamiento planimétrico
15.3.1.1.4 Procesamiento de información de campo
15.3.1.1.5 Informe, cartografía
15.3.1.1.6 Localización de maquinaria y equipos en cada frente de trabajo.

15.3.1.2 Movilización de maquinaria

15.3.1.2.1 Movilización convoy y tripulación desde el astillero base hasta el frente detrabajo de todos los equipos necesarios para el desarrollo de los equipos.
15.3.1.2.2 Localización de maquinaria por proceso topográfico.

15.3.2 Zonas de acopio

15.3.2.1 Construcción de celda

15.3.2.1.1 Escarificación
15.3.2.1.2 Realce y/o construcción de diques
15.3.2.1.3 Instalación del vertedero de exceso
15.3.2.1.4 Control topográfico

15.3.2.2 Suministro de biodegradador

15.3.2.2.1 Suministro y aplicación de biodegradador
15.3.2.2.2 Retiro mecánico de maleza y disposición en botadero

15.3.3 Recuperación Hidráulica

14.3.3.1 Dragado k3+100 – k3+745,96

- ✓ Movilización de maquinaria
- ✓ Localización de draga
- ✓ Instalación de tubería
- ✓ Dragado a especificaciones técnicas
- ✓ Control topo batimétrico
- ✓ Desmovilización

14.3.3.2 Excavación mecánica k0+000 a k3+100

- ✓ Movilización de maquinaria
- ✓ Excavación a especificación técnica
- ✓ Disposición lateral de materiales
- ✓ Control topográfico

14.3.3.3 Cargue y disposición de materiales

- ✓ Retiro de materiales sobrantes en camiones tipo volcos, en donde no se realiza construcción de diques a zona de acopio localizadas a distancia no mayor de 12 Km.

15.3.4 Obras de protección contra inundación

14.3.3.4 Conformación de diques

15.3.4.1.1 Establecimiento de geometría especifica una vez estén los materiales secosmediante la implementación de excavadora sobre orugas

15.3.4.1.2 Densificación mecánica de los diques

15.3.4.2 Revegetalización

15.3.4.2.1 Suministro de semilla

15.3.4.2.2 Siembra

15.3.4.2.3 Rociado

15.3.5 Componente socio ambiental

15.3.5.1 Fortalecimiento de organizaciones comunitarias

15.3.5.1.1 Mesas de trabajo
15.3.5.1.2 Capacitación

15.3.5.1.3 Socialización

15.3.5.2 Gestión de residuos solidos

15.3.5.2.1 Reuniones comunitarias
15.3.5.2.2 Capacitación
15.3.5.2.3 Implementación de programas de manejo de residuos
15.3.5.2.4 Mesas de trabajo conjunto
15.3.5.2.5 Aprovisionamiento

15.3.5.3 Plan de manejo ambiental

15.3.5.3.1 Socialización
15.3.5.3.2 Mesas de trabajo
15.3.5.3.3 Inventario fauna flora
15.3.5.3.4 Permisos y licencias

15.3.5.4 Monitoreo ambiental

15.3.5.4.1 Toma de muestra de la calidad del agua antes, durante y después deejecutado el proyecto.

15.3.6 Planeación sobre el riesgo

15.3.6.1 Seguimiento y control

15.3.6.1.1 Procesamiento estadístico a componentes del proyecto para análisis deindicadores.

15.3.6.2 Planes de emergencia

15.3.6.2.1 Sensibilización a población objeto para mitigación del riesgo
15.3.6.2.2 Mesas de trabajo
15.3.6.2.3 Capacitación
15.3.6.2.4 Simulacros

16. COMPONENTE SOCIAL

Con el fin de dar claridad acerca de las áreas de influencia en las cuales se enmarca las obras de recuperación hidráulica del caño soledad, a

continuación, se definen las áreas de intervención, en términos de influencia directa del proyecto y su caracterización.

Para la identificación del área de influencia directa (AID) del proyecto se plantea básicamente el espacio donde se encuentran ubicado el caño soledad desde la desembocadura del arroyo platanal en el caño calle 11 nomenclatura urbana de soledad hasta su desembocadura en el rio Magdalena

16.1 Área de influencia directa

El área de influencia directa del proyecto, se encuentra enmarcada sobre el caño soledad desde la desembocadura del Arroyo platanal (Calle 11) Hasta la desembocadura del caño soledad en el rio Magdalena, siendo el caño soledad el sector en donde más se manifiestan los efectos sociales (positivos y/o negativos) generados por el desarrollo de las actividades recuperación hídrica, en este espacio se tuvieron en cuenta los elementos del entorno natural, social, económicoy cultural de la población asentada en esta zona.

Desde el punto de vista de los aspectos socioculturales y del abordaje particular de la participación comunitaria, se busca generar herramientas de trabajo, para contribuir con la mitigación y disminución de los impactos que se puedan generar en el desarrollo de las obras, analizando algunos aspectos culturales y socioeconómicos de las comunidades cercanas al proyecto.

16.2 Caracterización socioeconómica

Social y económicamente, el sector del caño soledad, es un territorio que posee infraestructura urbana: y rural, destacándose de esta primera el mercado público del municipio, es un espacio donde confluyen fuerzas sociales y actividades económicas muy diversas, forjándose centro de intereses estratégicos para el comercio municipal y nacional

Para realizar la caracterización socioeconómica, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: composición étnica de las comunidades, condiciones de vida, dimensión demográfica, tipo de población asentada, dimensión cultural, dimensión espacial, infraestructura de los predios , características de la participación comunitaria entre otros, un aspecto ambiental en donde se establece: condición ecológica y biótica con seguimiento a la producción de todo tipo de especies de fauna y flora acuática del entorno y un aspecto técnico, en el que se realizó un reconocimiento de la zona donde se

desarrollara el proyecto.

Dicha información contribuyó con el análisis y diagnóstico integral del componente social.

16.3 Aspectos demográficos y sociales

Se estima acorde a información del DANE y del plan de desarrollo Territorial que sobre la cuenca del caño soledad, se encuentran distribuidas un total de 23 manzanas, 5750 habitantes y 1438 familias en condiciones de alto riesgo.

En el sector se localiza el mercado público de Soledad, ubicado sobre la margen oriental del municipio, a orillas de un brazo del río grande de la Magdalena, tiene 102 años de antigüedad y cuenta con un puerto de trasporte fluvial como lo es el caño Soledad que abastece a la población y supermercados de la ciudad y el distrito de Barranquilla, con productos agrícolas de pancoger que hacen parte de la canasta familiar, en donde predominan las hortalizas, legumbres y frutas propias de la región.

16.4 Estratificación socioeconómica

Según estratos, la población habita en viviendas que presenta las siguientes características: ESTRATO 1 Bajo bajo 39.1%, ESTRATO 2 Bajo 39.0%, ESTRATO3 Medio bajo 21.9%

Lo anterior muestra un total de población ubicada en los estratos considerados más pobres equivalente a 78.1% de la población total, No Cuenta con estratos 4, 5 y 6.

16.5 Organización comunitaria

Este aspecto trata de la organización y participación de todos los grupos sociales, comerciales y asociaciones, es decir, los actores que se unen con el fin de defendersus propios intereses y de la comunidad en general.

En cuanto al ámbito organizacional, inicialmente la mayoría de pescadores trabajaba por su cuenta no existe una comité organizacional, por lo tanto, se requiere fortalecer las comunidades pensando en la generación de cambios

positivos que perduren a largo plazo, además de un trabajo social por medio del cual se capaciten a las comunidades para la implementación de diferentes proyectos, en donde se incentive y desarrolle sus capacidades para el emprendimiento, generando una apropiación de las herramientas necesarias para hacer de dichos proyectos alternativas sostenibles en el tiempo y coherentes con laconservación del medio natural.