

DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL
MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

PRESENTADO POR:

ANDRÉS CAMILO CHACÓN PULIDO
WILSON DAVID LEÓN GUZMÁN

Monografía

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018

DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL
MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLÍVAR).



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

PRESENTADO POR:

ANDRÉS CAMILO CHACÓN PULIDO
WILSON DAVID LEÓN GUZMÁN

MONOGRAFÍA

DIRECTOR:

ING. FIDEL ALBERTO PARDO OJEDA

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

2018



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

La presente obra está bajo una licencia:

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

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



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



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



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

BOGOTÁ D.C.

Bogotá D.C 02 de mayo de 2018

Señores

Universidad Católica de Colombia.

Atn. Facultad de ingeniería-Biblioteca

Ciudad.

Estimados Señores:

Autorizamos a los usuarios interesados, consultar y reproducir (parcial o totalmente) el contenido del trabajo titulado "**DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLÍVAR)**", presentado por los estudiantes Andrés Camilo Chacón Pulido y Wilson David León Guzmán, como requisito para optar por el título de Ingenieros Civiles, en el año 2018, siempre que mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a sus autores.

Cordialmente;

C.C 1013.660.771
Andrés Camilo Chacón Pulido

C.C 1032.441.023
Wilson David León Guzmán

DEDICATORIA

Andrés Camilo Chacón Pulido:

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, inteligencia paciencia y tranquilidad para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Lucy A mi padre Ernesto.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A hermana Linda.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia y responsabilidad que me ha enseñado, junto con mi sobrina **Marina** quien es el motor principal de mi núcleo familiar y a mi abuela **Lila (QEPD)** y en el cielo esta.

Finalmente, a todos los compañeros, amigos y profesores quienes acompañaron cada paso y etapa de mi formación profesional.

Wilson David León Guzmán:

A Dios.

Por mostrarme el camino, bendecirme día a día, brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mi abuela Alicia.

Por tanto, amor y comprensión, por las enseñanzas invaluables, por ser el mejor ejemplo y hacer posible este y todos los logros de mi vida.

A mi familia.

Por el apoyo y afecto incondicional, en especial a mi tío **Toño** y su esposa **Sandrita** por los ejemplos de esfuerzo, responsabilidad y constancia.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de grado en primera instancia deseamos dar agradecimientos a la UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA por brindarnos la oportunidad de estudiar y ser futuros profesionales con ética y gran conocimiento. A nuestro director de trabajo de grado, **Ing. Fidel Alberto Pardo Ojeda** por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que podamos tener capacidad de concluir el proyecto de grado y así terminar los estudios con éxito. También nos gustaría agradecer a los profesores durante toda la carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena en la formación como ingenieros civiles, y en especial al **Ing. Camilo Higuera** por consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	35
2	GENERALIDADES.....	37
2.1	ANTECEDENTES.....	37
3	DELIMITACIÓN DEL EJERCICIO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1	PROBLEMA.....	39
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	39
3.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	40
3.4	SISTEMATIZACIÓN DEL PROYECTO.....	40
3.4.1	¿qué se piensa hacer?.....	40
3.4.2	¿de dónde se tomó la idea del proyecto?, ¿dónde se realizó o se dio la aplicación del proyecto?.....	41
3.4.3	¿factores que limitan las posibilidades de resolver el problema o el desarrollo del proyecto?.....	41
3.4.4	¿quiénes (y cuantos) participaron?.....	42
3.4.5	duración de la actividad.....	42
3.4.6	breve descripción de la actividad.....	42
3.4.7	¿cómo y por qué se decidió realizarla o participar en ella?.....	42
3.4.8	¿cuáles son los beneficios?.....	43
3.4.9	número de beneficiados aproximadamente.....	44
3.4.10	resultados alcanzados.....	44
3.4.11	impresiones u observaciones sobre la actividad o proyecto realizado.....	44
4	OBJETIVOS.....	45
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	45
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
5	ELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....	46
5.1	ESPACIO.....	46

5.1.1	LOCALIZACIÓN ESPACIAL.....	46
5.1.2	DIVISIÓN TERRITORIAL	47
5.1.3	ESTADO DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS	48
5.2	ALCANCE DEL PROYECTO EN EL MUNICIPIO	50
5.3	LIMITACIONES DEL PROYECTO EN EL MUNICIPIO.....	50
6	MARCO REFERENCIAL	50
6.1	MARCO TEÓRICO	50
6.2	MARCO CONCEPTUAL	55
6.3	MARCO LEGAL.....	57
7	APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO.....	58
7.1	HIDROLOGÍA	58
7.2	HIDRÁULICA	58
7.3	GEOTECNICA	58
7.4	ESTRUCTURAL.....	58
8	METODOLOGÍA.....	59
8.1	TIPO DE ESTUDIO.....	59
8.2	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	59
8.3	DISEÑO METODOLÓGICO.....	59
8.3.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	59
8.3.2	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	59
9	CAPITULO I. RECOPIACIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN PRINCIPAL....	62
9.1	ESTUDIO HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO	62
9.1.1	PARÁMETROS HIDROFISIOGRÁFICOS DE LA CUENCA.....	62
9.1.2	INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS ESTACIONES.	62
10	CAPITULO II. INTERPRETACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	63

10.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO.....	63
10.1.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA	63
10.1.2 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	79
10.1.3 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DISPONIBLES	84
10.1.4 CLIMATOLOGÍA.....	88
10.1.5 EVAPOTRASNPIRACIÓN.....	94
10.1.6 CAPACIDAD PARA SUMINISTRO DE DEMANDA.....	101
 11CAPITULO III. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA.....	 132
11.1 DISEÑO DEL VERTEDERO.....	132
11.2 CAPACIDAD TOTAL DE LA ESTRUCTURA.....	133
11.3 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	139
11.3.1 DESCRIPCIÓN.....	139
11.3.2 NORMAS DE DISEÑO.....	140
11.3.3 MODELO ANALÍTICO.....	140
11.3.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES.....	141
11.3.5 AVALUÓ DE CARGAS.....	142
11.3.6 RESTRICCIONES Y APOYOS.....	145
11.3.7 CASOS Y COMBINACIONES DE CARGA.....	146
11.3.8 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	148
 12CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 153
12.1 CONCLUSIONES	153
12.2 RECOMENDACIONES	155
 13BIBLIOGRAFÍA.....	 160
 ANEXOS.....	 162

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros Morfométricos Básicos.	47
Tabla 2. Parámetros Morfométricos Básicos	67
Tabla 3. Tamaño de la Cuenca – Campo 1991.	67
Tabla 4. Pendiente Hidráulica estimada – Arroyo Caracolcito – Alferez.	73
Tabla 5. Pendiente Hidráulica estimada – Arroyo San Jacinto.	74
Tabla 6. Clases de Valores de Masividad.....	75
Tabla 7. Factor Forma – Horton.....	76
Tabla 8. Clases orden de corriente – Ine 2004.	77
Tabla 9. Longitud Número de Orden Red de Drenaje.....	78
Tabla 10. Densidad de Drenaje -Delgadillo y Páez 2008.....	79
Tabla 11. Estimación Tiempo de concentración.	82
Tabla 12. Estaciones Hidrológicas disponibles en la zona de estudio y cercanas.	86
Tabla 13. Años con Información para las Estaciones Meteorológicas.....	87
Tabla 14. Años con Información para las Estaciones Hidrológicas.....	88
Tabla 15. Datos Mensuales de temperatura media en 24 Hrs (°C), estación Carmen de Bolívar.....	96
Tabla 16. Valores medios, máximos y mínimos mensuales. Estación Carmen de Bolívar.....	96
Tabla 17. Índices de calor mensual.	97
Tabla 18. ETP promediada por mes.	99
Tabla 19. Datos Mensuales de Precipitación en 24 Hrs (mm).	99
Tabla 20. ETP por Thornthwaite para el año 1990.	103

Tabla 21. Valores de ETP anual por los métodos Hargreaves y Thornthwaite, estación Carmen de Bolívar.....	103
Tabla 22. Valores de precipitación media anual.	104
Tabla 23. Resultado del Balance Hídrico por año.....	105
Tabla 24. Valores máximos de precipitación, Carmen de Bolivar.	107
Tabla 25. Cálculo Precipitaciones Diarias Máximas para distintas frecuencias. ...	110
Tabla 26. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas. (Campos A. 1978)	110
Tabla 27. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de lluvia (Pd).	111
Tabla 28. Intensidad de lluvia según duración y frecuencia.....	112
Tabla 29. Calculo de variables d y n para un periodo de retorno de 10 años.	114
Tabla 30. Constantes y coeficientes de regresión.	119
Tabla 31. Cálculo término constante y coeficiente de regresión F y m.....	119
Tabla 32. Intensidades y Tiempo de duración estación Monterrey Forestal.	121
Tabla 33. Coeficiente de Escorrentía.....	123
Tabla 34. Selección de Coeficiente de escorrentía.....	125
Tabla 35. Asignación del nivel de complejidad.	126
Tabla 36. Resultados proyecciones poblacionales.	129
Tabla 37. Periodo de diseño según el nivel de complejidad del sistema para captaciones superficiales.....	129
Tabla 38. Demanda anual por cultivo permanente.	134
Tabla 39. Especificaciones de los materiales	141
Tabla 40. Casos de carga NSR-10	146
Tabla 41. Cargas definidas en el modelo (<i>load pattern</i>)	147

Tabla 42. Casos de carga (<i>load case</i>)	147
Tabla 43. Combinaciones de carga (<i>combination definitions</i>).....	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización espacial del municipio de San Jacinto departamento de Bolívar.	46
Figura 2. Ubicación Espacial Zona de Interés.....	64
Figura 3. Modelo digital de elevación.....	65
Figura 4. Curvas de Nivel cada 10 m, a Partir del Modelo Digital de Elevación (30x30).....	66
Figura 5. Tamaño de la Cuenca Arroyo Caracolicito y Alférez.....	68
Figura 6. Histograma de Frecuencias Altimétricas.....	69
Figura 7. Curva Hipsométrica.	70
Figura 8. Perfil Longitudinal Arroyo Caracolicito - Alférez.....	71
Figura 9. Perfil Longitudinal Arroyo San Jacinto.	72
Figura 10. Pendiente Estimada por Segmentos Arroyo Caracolicito – Alférez.	73
Figura 11. Pendiente Media de la Cuenca.	74
Figura 12. Clase de orden de Corriente.....	77
Figura 13. Ubicación de la Cuenca alta del arroyo Caracolí – Alferez.....	85
Figura 14. Distribución Temporal de la Precipitación Media Mensual Multianual. .	89
Figura 15. Distribución Temporal de la Temperatura máxima, media y mínima mensual multianual.	91
Figura 16. Valores Máximos, medios y mínimos mensual multianual de Niveles y Caudales.....	94

Figura 17. Gráfica de ETP y precipitación mensual, estaciones Carmen de Bolívar.	100
Figura 18. Gráfica de ETP y precipitación anual, estaciones Carmen de Bolívar.	106
Figura 19. Regresión Potencial (I Vs t).	115
Figura 20. Regresiones (I vs T) para diferentes tiempos de retorno.	116
Figura 21. Regresión potencial (d vs T)	120
Figura 22. Curvas IDF para la estación pluviométrica Monterrey Forestal.	121
Figura 24. Cultivos de Cacao San Jacinto Bolívar.	130
Figura 25. Modelo Volumétrico.	135
Figura 26. Vista de planta	139
Figura 27. Vista de corte	140
Figura 28. Modelo de análisis y diseño de la estructura	141
Figura 29. Asignación de la carga muerta (D) sobre la estructura	142
Figura 30. Carga viva (L) sobre la estructura (kN/m ²).....	143
Figura 31. Empuje hidrostático del agua (kN/m ²).....	144
Figura 32. Empuje lateral del suelo (kN/m ²).....	145
Figura 33. Distribución de resortes en la placa de fondo (kN/m ³).....	145
Figura 34. Dirección ejes locales de placa de fondo.....	149
Figura 35. Momentos máximos +M11 y -M11 respectivamente – placa de fondo	150
Figura 36. Momentos máximos +M22 y -M22 respectivamente – placa de fondo	150
Figura 37. Cortantes máximos +V13 y –V13 respectivamente – placa de fondo.	151
Figura 38. Cortantes máximos +V23 y –V23 respectivamente – placa de fondo.	151

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Método racional para determinación de Caudal.....	61
Ecuación 2 Coeficiente de masividad.	75
Ecuación 3 Factor forma de la cuenca.....	76
Ecuación 4 Densidad de drenaje en una cuenca.....	78
Ecuación 5 Método de Kirpich	79
Ecuación 6 Método de Hathaway	80
Ecuación 7 Ecuación de retardo	80
Ecuación 8 Método de la velocidad del SCS.	81
Ecuación 9 Método de George Rivero	81
Ecuación 10. Fórmula simplificada de Hargreaves.	94
Ecuación 11. Fórmula Thornthwaite.	95
Ecuación 12. Balance Hídrico.	102
Ecuación 13 Media aritmética.	109
Ecuación 14 Desviación estándar.....	109
Ecuación 15 Determinación de las probabilidades de ocurrencia.....	110
Ecuación 16 Determinación precipitación máxima.....	111
Ecuación 17 Intensidades de lluvia a partir de la Precipitación máxima.	112
Ecuación 18 Calculo de Intensidad.....	113
Ecuación 19 Determinación de intensidad.....	113

Ecuación 20 Determinación de intensidad.....	120
Ecuación 21 Método Aritmético población.....	127
Ecuación 22 Método geométrico población.....	127
Ecuación 23 Método exponencial población.....	128
Ecuación 24 Determinación de constante K.....	128
Ecuación 25 Población Proyectada Final.....	129
Ecuación 26 Caudal Máximo.....	131
Ecuación 27 Área trasversal del vertedero.....	132
Ecuación 28 Determinación del área necesario del vertedero.....	132
Ecuación 29 Área trasversal del vertedero.....	133

GLOSARIO¹

A

Acueducto

Conducto para transportar agua, generalmente en grandes cantidades para abastecer a una población (Página-33).

Acuífero

O embalse de agua subterránea. Formación geológica capaz de acumular una significativa cantidad de agua subterránea, la cual puede brotar, o se puede extraer para consumo. Pueden estar contaminados, ya sea por productos químicos o por microorganismos patógenos, por lo que su uso está cada vez más limitado (Página-43).

Agua

Fase líquida de un compuesto químico formado aproximadamente por dos partes de hidrógeno y 16 partes de oxígeno, en peso. En la naturaleza contiene pequeñas cantidades de agua pesada, gases y sólidos (principalmente sales), en disolución (Página-33).

Agua cruda

Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento

Agua dulce

Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

Agua potable

Aquella que por reunir los requisitos organolépticos (olor, sabor y percepción visual), físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud (Página-33).

Aguas negras

¹ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [EN LÍNEA]. < HTTP:// HTTP://WWW.IDEAM.GOV.CO/WEB/ATENCION-Y-PARTICIPACION-CIUDADANA/GLOSARIO> [2018]. (GLOSARIO COMPLETO DEL DOCUMENTO.)

Aguas residuales. Llamadas así en algunos países. Son las aguas cloacales residuales de un edificio que contienen materia fecal y/u orina.

Aguas residuales

Agua que contiene residuos como materias sólidas o líquidas evacuadas como desechos tras un proceso industrial: pueden ser industriales o domésticas.

Aguas subterráneas

Agua del subsuelo que ocupa la zona saturada. Son aguas subálveas y ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural como los manantiales captados en el sitio donde afloran, o las que se requieren para su alumbramiento obras o estructuras hidráulicas de captación como pozos, aljibes y galerías filtrantes u otras similares.

Aguas superficiales

Agua que fluye o se almacena en la superficie del terreno. Agrupa los objetos que son capaces de encauzar y almacenar agua que fluye o se almacena en la superficie del terreno. (Página-53).

Aguas tratadas

Efluente de una planta potabilizadora o Planta de tratamiento de agua potable. También todas las aguas empleadas para bebida o preparación de alimentos en estado natural o posterior a un proceso de tratamiento que cumplen con los requisitos microbiológicos, físicos, químicos y organolépticos para ser considerado inocuo para el consumo humano.

Alcantarillado

Sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan. (Página-38).

Alerta amarilla (Alertas hidrológicas)

Se declara cuando la persistencia e intensidad de las lluvias mantiene una tendencia ascendente del nivel de un río y por ello, es posible que se den situaciones de riesgo y se produzca el desbordamiento del río en un tiempo corto (días).

Alerta naranja (Alertas hidrológicas)

Se declara cuando la tendencia ascendente del nivel de un río y la persistencia de las lluvias impliquen situaciones inminentes de riesgo y de anegamientos o inundaciones que empiecen a afectar zonas pobladas.

Alerta roja (Alertas hidrológicas)

Se declara cuando el nivel del río ha alcanzado o superado niveles críticos, produciéndose su desbordamiento y la afectación de zonas pobladas ubicadas por fuera del cauce.

Alertas (Alertas)

Advierte a los sistemas de prevención y atención de desastres sobre la amenaza que puede ocasionar un fenómeno con efectos adversos para la población y que requiere atención inmediata por parte de la población y de organismos de prevención. Se emite una alerta cuando un evento indica probabilidad de amenaza inminente.

Álveo

Sinónimo de cauce natural de las corrientes de agua o lecho de un río.

Área Natural Única

Es la zona que por poseer condiciones especiales de flora y/o fauna, es considerada como escenario natural o raro.

Atmósfera

Componente vital del ambiente humano, que transmite y altera la energía solar que controla el clima; actúa como escudo protector contra los impactos de meteoritos y la radiación penetrante sustenta las diversas actividades bióticas.

B

Balance hídrico

Balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua.

Biodiversidad

Riqueza de seres vivos, incluidos sus niveles de organización espacio – temporal, su material genético y variabilidad implícita, entendida como un patrimonio

estratégico de la Nación, que tiene un valor y una potencialidad intrínsecos y cuyos valores sociales y económicos, su aprovechamiento y protección están determinados por las diferentes formas del conocimiento.

Boletín (Alertas)

Es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Por lo regular se refiere a eventos observados, reportados o registrados y puede contener algunos elementos de pronóstico a manera de orientación. Por sus características pretéritas y futuras difiere del aviso y de la alerta y por lo general no está encaminado a alertar sino a informar.

Bosques Naturales

Comprende todos los terrenos boscosos y el arbolado natural que forman parte de la finca y por lo menos forman un área mínima de 200 metros cuadrados en forma compacta y puedan tener valor por su leña, madera u otros productos forestales, que se usan como medio de protección y conservación de los suelos.

C

Cambio Climático²

Se define como la variación del clima y del planeta Tierra generada por la acción del ser humano. (Página-35)

Canal

Cauce artificial abierto cuya sección transversal tiene una forma generalmente constante, claramente diferenciado, que contiene agua en movimiento, de forma permanente o periódica, o que enlaza dos masas de agua. (Página-37)

Carga de sedimentos

Es la cantidad de material que pasa por una sección de un canal natural o artificial en la unidad de tiempo; generalmente se expresa en ton/día.

Carga en suspensión

² Definición [EN LÍNEA]. < [HTTPS://DEFINICION.DE/CAMBIO-CLIMATICO/](https://definicion.de/cambio-climatico/) 2018 (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

Material relativamente fino en suspensión casi permanente en un sistema fluvial, que es transportado enteramente a través del sistema sin depositarse. Sedimentos que permanecen en suspensión en la corriente de agua, durante un período de tiempo considerable sin entrar en contacto con el lecho de la corriente o depositarse en él.

Cartografía

Representación de la superficie de la tierra sobre un plano o un mapa, utilizando para ello métodos matemáticos que permiten la localización de cada punto de la tierra en el plano. Es también el conjunto de procedimientos que permite reunir, analizar, organizar y generalizar información del medio geográfico, para representarlos de manera gráfica a una escala conveniente. (Página-53).

Caudal

Cantidad de agua que lleva el río en un punto y momento concreto de su recorrido por unidad de tiempo. Se expresa en m³ por segundo, lo que constituye el caudal absoluto y en m³ por segundo y por km² de cuenca, que es el caudal relativo. El caudal no permanece fijo y estable, sino que puede manifestar una irregularidad, no sólo de unos años a otros, sino incluso en el mismo año. (Página-37).

Caudal crítico

Condición del caudal en la que la velocidad media corresponde a uno de los valores críticos, generalmente a la profundidad y velocidad críticas de Belanger. Se usa también con referencia a las velocidades críticas de Reynolds que definen el punto en el cual el caudal deja de ser laminar o no turbulento. Descarga máxima de un conducto que tiene una salida libre y agua acumulada en la entrada.

Caudal Ecológico

Caudal mínimo que debe mantenerse en un curso fluvial al construir una represa, captación o derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida a la que existía anteriormente en el río.

Ciénaga

Es un depósito de agua que abastece y es abastecido y cuyas características son iguales a los lagos, pero con una profundidad inferior a los 10 m. Se han formado

en las partes bajas de los ríos por procesos de inundaciones de llanuras o por acción conjunta entre el mar y los ríos. Son los cuerpos lagunares en las partes bajas y normalmente interconectados con los ríos.

Clasificación de cuencas

Una cuenca está drenada por un gran número de corrientes, cuyo tamaño aumenta aguas abajo, desde pequeños hilillos de agua, quebradas, arroyos, hasta los grandes ríos que desembocan en el mar. Estas corrientes son la causa de las diferentes orientaciones existentes en la cuenca, de las clasificaciones y rangos de acuerdo con densidad de drenaje, pendiente, área de la cuenca entre otros factores.

Comunidad

Conjunto de especies diferentes (animales o vegetales) que conviven y se encuentran en equilibrio biológico en un hábitat (medio ecológico) común. (Página-36).

Contaminación del ambiente (Meteorología)

Es cuando el ser humano, directa o indirectamente, introduce en el ambiente sustancias de energía con resultados negativos que pueden poner en peligro la salud de los seres vivos, disminuir la calidad del ambiente y reducir las actividades recreacionales y de estética del paisaje. (Página-42).

Control de Calidad

Sistema compuesto por un sin número de actividades cuyo propósito es medir y controlar un producto o servicio que reúna las necesidades de los usuarios, el objetivo es proveer la calidad que sea satisfactoria, adecuada, dependiente y económica del material de referencia.

D

DANE

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Página-35).

Deslizamiento (Meteorología)

Movimiento en masa de grandes volúmenes de materiales (suelos, rocas, cobertura vegetal) que se desprenden y se desplazan pendiente abajo. Los deslizamientos son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas.

Diversidad

Medida del número de especies de una comunidad y sus abundancias relativas; tales medidas incluyen el cociente entre número de especies y número de individuos, el índice de Shannon – Wiener, índice de riqueza, índice de Brillouin e índice de Simpson. (Página-62).

E

Embalse

Los embalses constituyen lagos o lagunas artificiales creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad, aunque también para prestar otros servicios como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua y para riego.

Encharcamiento (Alertas hidrológicas)

Fenómeno a causa de la saturación del suelo, caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones y por lo general, presente en zonas moderadamente onduladas a planas. El fenómeno puede durar desde pocas horas hasta unos pocos días.

Encharcamiento (hidrología)

Fenómeno que se presenta por saturación del suelo, caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones y, por lo general, presente en zonas moderadamente onduladas a planas. El fenómeno regularmente puede durar entre pocas horas hasta unos pocos días.

Escasez

Según el consenso creciente de los hidrólogos, un país tiene escasez de agua cuando el suministro anual de agua dulce renovable es inferior a 1.000 metros cúbicos por persona. Esos países probablemente experimenten condiciones crónicas y extendidas de escasez de agua que han de obstruir su desarrollo. El límite crítico inferior es de 500 m³ per cápita por año. (Página-35).

Esclusas³

Las esclusas son obras hidráulicas que permiten vencer desniveles concentrados en canales navegables, elevando o descendiendo los navíos que se encuentran en ellas. Pueden formar parte de las estructuras complementarias de una presa, cuando ésta se construye sobre ríos navegables. (Página-40).

Escorrentía Superficial⁴

La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra transportadas, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. (Página-33).

Estación Agrometeorológica (AM) (Redes)

En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).

Estación Climatológica Ordinaria (CO) (Redes)

Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir, miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas.

Estación Climatológica Principal (CP) (Redes)

Es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación, solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores. Por lo general se efectúan tres observaciones diarias.

Estación de Radiosonda (RS)

³ Wikipedia la Enciclopedia libre [EN LÍNEA]. < [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESCLUSA](https://es.wikipedia.org/wiki/Esclusa) > [21 NOV 2017]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

⁴ Ciclo Hidrológico.Com [EN LÍNEA]. < [HTTPS://WWW.CICLOHIDROLOGICO.COM/ESCORRENTA_SUPERFICIAL](https://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial) > [Publicado bajo licencia [CC BY-SA 3.0](#).2017]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

La estación de radiosonda tiene por finalidad la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera (tropósfera y baja estratósfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos o de radar, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente.

Estación Pluviográfica (PG) (Redes)

Registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.

Estación Pluviométrica (PM) (Redes)

Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.

Estación Sinóptica Principal (SP) (Redes)

Permite observar cada hora variables meteorológicas como nubosidad, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, humedad, precipitación y temperaturas extremas.

Estación Sinóptica Suplementaria (SS) (Redes)

Al igual que en la estación anterior, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad del aire y viento.

Estaciones Meteorológicas (Redes)

Se entiende como Estación Meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.

Estudio Hidrológico e Hidráulico⁵

Los Estudios Hidrológicos son necesarios para todas aquellas actuaciones desarrolladas en la zona de policía, distancia menor a 100 metros del cauce, el

⁵ESTUDIOS HIDROLÓGICOS - ALLPE MEDIO AMBIENTE [EN LÍNEA]. < [HTTPS://WWW.ALLPE.COM/SECCION_DETALLE.PHP?IDSECCION=1](https://www.allpe.com/seccion_detalle.php?idseccion=1) > [2015]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

estudio hidráulico determina el comportamiento del fluido el cual se quiere estudiar y sus diversas propiedades, Es necesario tener estos estudios en el desarrollo de nuevas infraestructuras o en los procesos de construcción y diseño. (Página-33)

Evaporación⁶

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas en estado líquido (por ejemplo, el agua) se hacen gaseosas espontáneamente (ej.: vapor de agua). Es lo opuesto a la condensación. Generalmente, la evaporación puede verse por la desaparición gradual del líquido cuando se expone a un volumen significativo de gas. (Página-36)

F

Fenómeno del Niño⁷

El Niño es un fenómeno climático relacionado con el calentamiento del Pacífico oriental ecuatorial, el cual se manifiesta erráticamente cíclico —Arthur Strahler habla de ciclos de entre tres y ocho años—,1 que consiste en realidad en la fase cálida del patrón climático del Pacífico ecuatorial denominado El Niño-Oscilación del Sur (El Niño-Southern Oscillation, ENSO por sus siglas en inglés),2 donde la fase de enfriamiento recibe el nombre de La Niña.(Página -41).

Fotoquímica

Etapas en las reacciones en las cuales interfiere la luz del sol.

G

Geología⁸

La Geología es la ciencia por excelencia de la tierra dado que estudia su origen, su conformación, todos los materiales que la integran tanto interna como exteriormente

⁶ CICLO HIDROLOGICO.COM [EN LÍNEA]. < [HTTPS://WWW.CICLOHIDROLOGICO.COM/EVAPORACIN](https://www.ciclohidrologico.com/evaporacin)> [Publicado bajo licencia [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/). 2017]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

⁷ WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE [EN LÍNEA]. < [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EL_NI%C3%B1O_\(FEN%C3%B3MENO\)](https://es.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o_(fen%C3%B3meno))> [8 DE MARZO 2018]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

⁸ DEFINICIÓN ABC TU DICCIONARIO HECHO FACIL [EN LÍNEA]. < [HTTPS://WWW.DEFINICIONABC.COM/CIENCIA/GEOLOGIA.PHP](https://www.definicionabc.com/ciencia/geologia.php)> [2007-2018 PERIODICAMENTE]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

y los procesos que la misma ha atravesado y que marcaron su evolución. (Página -36).

Granizo (Pronósticos)

El granizo es un tipo de precipitación de partículas irregulares de hielo. Se forma en tormentas intensas en las que se producen gotas de agua sobre-enfriadas, es decir, aún líquidas, pero a temperaturas por debajo de su punto normal de congelación (0 °C), y ocurre tanto en verano como en invierno.

H

Hidráulica

Es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas. (Página -31).

Hidrografía⁹

La hidrografía es una rama de las ciencias de la Tierra en especial de la Geografía Física que consiste en la descripción y el estudio sistemático de los cuerpos de agua planetarios, especialmente de los recursos hídricos continentales. Por su campo de estudio, la hidrografía se vincula con otras ciencias, en particular con la geología, la hidrología y la climatología.(Pagina-36):

Hidrología

Es el estudio del movimiento, de la distribución, y de la calidad de agua a través de la tierra. (Página-41).

Humedal

Surgimiento natural el cual presenta por sí mismo acumulaciones sobre las superficies de rocas minerales con materiales orgánicos, colmatada de agua llamada torfa. Su grosor no es menor a 30 centímetros, sobre el cual crece en plantas de pantanos que se adaptan a estas humedades extremas; en los territorios

⁹ WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE [EN LÍNEA]. < [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HIDROGRAF%C3%AD](https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrograf%C3%ADa)
> [21 MAR 2018]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

donde la torfa es menor de 30 cm, generalmente es llamada tierra colmatada. (Página-44).

I

ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Página-42).

Índice de escasez

Índice que permite estimar la disponibilidad espacial del recurso hídrico, de acuerdo con su abundancia o escasez.

Índice de presión

Un país tiene tensión hídrica cuando el suministro anual de agua dulce renovable está entre los 1.000 y 1.700 metros cúbicos por persona. Esos países probablemente experimenten condiciones temporales o limitadas de escasez de agua.¹

Índice de sequía

Valor calculado con relación a algunos de los efectos acumulativos de una prolongada y anormal deficiencia de humedad. Un índice de sequía hidrológica se referiría a niveles por debajo de la media en los cursos de agua, lagos y embalses. Sin embargo, un índice de sequía agrícola ha de referirse a los efectos de un déficit total o anormal de transpiración en los cultivos.

Inundación de tipo aluvial / inundación lenta

Se produce cuando hay lluvias persistentes y generalizadas dentro de una gran cuenca, generando un incremento paulatino de los caudales de los grandes ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento; se produce entonces el desbordamiento y la inundación de las áreas planas aledañas al cauce principal. Las crecientes así producidas son inicialmente lentas y tienen una gran duración. En Colombia, se dan en las partes bajas de las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge y en la Orinoquia y Amazonia.

Inundación de tipo torrencial / inundación súbita

Producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas. El área de la cuenca aportante es reducida y tiene fuertes pendientes. El aumento de los caudales se produce por la intensidad de las tormentas en determinadas épocas del año, por lo que las crecientes suelen ser repentinas y de corta duración.

ISO

Organización Internacional de Normalización

L

Lago o Laguna

Es un depósito natural más o menos considerable de agua dulce o salada en conexión con el mar o sin ella que no abastece ni es abastecido o abastece sin ser abastecido o es abastecido sin abastecer y cuya profundidad es mayor a los 10 m.3. (Página-37).

M

Macrocuenca o Área Hidrográfica

Es aquella región o territorio natural que agrupa grandes sistemas de drenajes, donde las aguas fluyen hacia el mar, al océano, a un lago o a un río principal. Las características fisiográficas, morfológicas, climáticas y ecosistémicas similares hacen que los ríos de Colombia drenen en diferentes direcciones.

Manantial

Lugar donde el agua fluye naturalmente de una roca o del suelo a la tierra o a una masa de agua superficial.

Modelo de Ecosistema

Hace resaltar las relaciones tróficas (cadenas tróficas y ciclos geoquímicos de los elementos), el efecto de los factores abióticos (clima, elementos nutritivos) y los factores bióticos (especies, población, biocenosis). Se deja clara la total independencia de la energía solar y la disposición de compartimentos más o menos separables.

Modelo hidráulico¹⁰

El término modelo corresponde a un sistema que simula un objeto real llamado prototipo, mediante la entrada de cierta información se procesa y se presenta adecuada para emplearse en el diseño y operación de obras de ingeniería civil.

N

Nivel crítico o de inundación

El nivel de referencia, o nivel crítico, corresponde a aquél en el cual se comienza a presentar desbordamientos y anegamientos que puedan causar inundaciones, en el sitio o áreas aledañas localizadas aguas abajo o aguas arriba del sitio de referencia. Por lo general las zonas inundables corresponden a la planicie inundable de la zona baja de las cuencas.

Nivel freático

Nivel del agua subterránea en un acuífero no confinado, es decir, aquel que está en contacto con la presión atmosférica. Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno. Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.

NTC

Normas Técnicas Colombianas.

O

Oferta Hídrica

Consiste en los volúmenes de agua disponibles, tanto, espacial como temporal en un área hidrográfica.

P

Partículas

Especies sólidas o líquidas en suspensión en el aire; su origen es muy diverso, originan efectos dañinos según su tamaño y naturaleza, tanto sobre las personas y seres vivos, como sobre los materiales (por ejemplo, el plomo procedente de las gasolinas).

PH

Medida de la acidez o basicidad de una solución. Se indica con una escala logarítmica cuyos valores usuales van de 0 a 14. El valor 7 corresponde al agua pura y las soluciones neutras.

Precipitación o depositación ácida

Incluye tipos húmedos y secos, y es analizada como química de la precipitación. Procedimientos Estandarizados de Operación: grupo de procedimientos escritos para la implementación de métodos de operación, análisis, o cualquier actividad cuya técnica y procedimiento se realiza a través de un método prescrito y aceptado para realizar cierto tipo de funciones de rutina. (Página-33)

Q

Quebrada

Curso natural de agua normalmente pequeño y poco profundo, por lo general, de flujo permanente, en cierto modo turbulento y tributario de un río y/o mar.

R

Represamiento (Alertas hidrológicas)

Las presas por deslizamiento se forman con mayor frecuencia donde existen valles estrechos y escarpados; son comunes en áreas de actividad geológica, donde ocurran sismos, erupciones volcánicas o exista fuerte incisión glacial y cuando se presentan lluvias intensas. Estas presas pueden represar grandes volúmenes de agua, que pueden durar varios minutos o días, dependiendo de diversos factores como volumen, tamaño, forma y clase del material deslizado.

Reserva Forestal

Área forestal de propiedad pública o privada destinada exclusivamente al establecimiento, mantenimiento y utilización racional. De acuerdo con las medidas

de protección se clasifican en áreas forestales productoras, protectoras y productoras-protectoras.

Río

Corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje. (Página-37)

Ronda Hidráulica¹¹

Franja paralela a la línea media del cauce o alrededor de los nacimientos o cuerpos de agua, de hasta 30 metros de ancho (a cada lado de los cauces). (Página-42).

S

Sequia¹²

La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica. El agua no es suficiente para abastecer las necesidades de las plantas, los animales y los humanos que viven en dicho lugar.

Sub-zona Hidrográfica

Sistema hídrico con características de relieve y drenaje homogéneo, integrado por cuencas donde las aguas drenan hacia una Zona hidrográfica. En estas cuencas se formularán e implementarán los planes de manejo y ordenación de cuencas (POMCA), de manera priorizada. Para nuestro país, se identificaron 309 subzonas hidrográficas.

Superficie Forestal

Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más de 10% del área y una superficie superior a 0,5 hectáreas (ha). Los árboles deberían alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez in situ. Puede consistir en formaciones forestales cerradas o abiertas. (FAO 2005).

¹¹ UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE CATASTRO DISTRITAL [EN LÍNEA]. <
[HTTPS://WWW.CATASTROBOGOTA.GOV.CO/ES/NODE/417](https://www.catastrobogota.gov.co/es/node/417) > [2018]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

¹² WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE [EN LÍNEA]. <
[HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SEQU%C3%ADA](https://es.wikipedia.org/wiki/Sequ%C3%ADA)> [3 MAR 2018]. (PALABRA DEMARCADA EN LA CITA).

V

Vientos Alisios¹³

Los vientos alisios soplan de manera relativamente constante en verano (hemisferio norte) y menos en invierno. Circulan entre los trópicos, desde los 30-35° de latitud hacia el ecuador. Se dirigen desde las altas presiones subtropicales, hacia las bajas presiones ecuatoriales.(Pagina-40)

Visita Técnica Internacional

Consiste en la visita técnica que realiza un estudiante, como complemento a su formación profesional, a universidades, empresas, centros de desarrollo tecnológico o proyectos de desarrollo, para luego elaborar una monografía que incluye los resultados posibles de apropiación y transferencia de tecnología al país en el que reside. (Página-36).

Z

Zona Hidrográfica

Cuenca con características ecosistémicas especiales, sus aguas tributan a través de un afluente principal a una Área Hidrográfica. En Colombia se identificaron 41 zonas hidrográficas que serán el espacio para monitorear a nivel nacional el estado del recurso hídrico y el impacto que sobre éste tienen las acciones desarrolladas en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. (Página-38).

¹³ WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE [EN LÍNEA]. <
HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VIENTOS_ALISIOS> [31 ENE 2018]. (PALABRA DEMARCADA EN LA
CITA).

RESUMEN DEL CONTENIDO

El presente documento cuenta con 165 páginas de contenido el cual se divide en tres (3) capítulos de desarrollo los cuales se describe en cada uno la etapa del proyecto y su aporte necesario del mismo.

El problema de investigación de esta monografía se expresa en la siguiente pregunta: ¿Podría una estructura hidráulica de captación de agua superficial diseñada con base en las realidades territoriales de demanda de agua potable de la región, mitigar los efectos de sequía causados por la variación climática en el municipio de San Jacinto Bolívar? En este sentido, la propuesta arriesgada para responder dicha pregunta fue: a partir de los datos obtenidos una estación meteorológica se basa en el análisis de información pluviométrica, con el fin de realizar un estudio hidrológico e hidráulico que servirá como principio y base para el posterior diseño de una estructura de captación de agua proveniente de precipitación y escorrentía superficial para dar una propuesta de solución a la escases de agua que afecta al municipio de San Jacinto Bolívar y mitigar problemas tales como el consumo humano, agrícola y agropecuario.

Luego de aplicar paso por paso el análisis y el estudio obtenido como metodología para identificar las condiciones hidrológicas, climáticas e hidráulicas del punto de aplicación y ubicación de la estructura, se pondrán en práctica cada uno de los conocimientos obtenidos en las ciencias que intervienen en el diseño para dar un enfoque principal a la solución del problema de desabastecimiento de agua potable, de igual modo crear así una estructura hidráulica que sea capaz de almacenar y captar mediante el aprovechamiento de aguas de escorrentía y lluvia una fuente de almacenamiento hídrico para mitigar el problema principal que afecta dicha población vulnerable, a sus cultivos y a su sector agropecuario en general, y por qué no ser el punto de partida en un futuro de la construcción, a partir de dicha fuente, de una planta de tratamiento o una futura red de acueducto que pueda erradicar por completo el desabastecimiento en la población estudiada.

1 INTRODUCCIÓN.

En muchos lugares del mundo se posee una alta complejidad en cuanto al acceso de agua potable por diferentes razones tales como: ubicación geográfica, escasez de fuentes hídricas, creciente consumo, contaminación y degradación de las reservas hídricas, degradación de los recursos naturales, cambio climático y falta de infraestructura básica. Es por esto por lo que, a partir de los conocimientos adquiridos en la visita técnica, tomamos como punto de partida las estructuras hidráulicas como tema central del proyecto, con el fin de acoplar y adaptar ideas de captación y abastecimiento de agua a uno de los departamentos del territorio colombiano que se ve afectado por dicha situación en diversas épocas del año.

“En el municipio de San Jacinto Bolívar según el último censo del 2005 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE proyecto para el año 2010 una población total de 21.460 habitantes de los cuales el 1,9 % de las viviendas cuenta con un servicio óptimo de agua potable o de acueducto, también refleja que el 53,2% de los hogares de San Jacinto tiene 4 o menos personas datos que se deben tener en cuenta a la hora de analizar el valor del consumo y demanda de agua potable.”¹⁴

Es por esto que el presente proyecto se centra en la evaluación de las características del régimen hidrológico, el estado actual, la dinámica y tendencias de la oferta hídrica natural y disponible en el municipio de San Jacinto Bolívar y por qué no en las demás zonas hidrográficas del país que posean condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas en unidades de tiempo anual y mensual, este proyecto se plantea como prioridad en uno de los municipios del país que se tiene identificado como vulnerable al desabastecimiento en condiciones hidrológicas extremas.

Todo lo anteriormente referido es gran parte de la realidad que se vive en el municipio de San Jacinto, en lo que tiene que ver con los factores adversos provenientes del desabastecimiento. Esta situación se intensifica aún más con la aparición de fenómenos de variabilidad climática, y para el caso de sequías es el

¹⁴ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. CENSO GENERAL [EN LÍNEA]. < [HTTP://WWW.DANE.GOV.CO/FILES/CENSO2005/PERFIL_PDF_CG2005/13654T7T000.PDF](http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfil_pdf_cg2005/13654T7T000.pdf)> [13 DE SEPTIEMBRE 2010].

fenómeno de El Niño, el cual generan incrementos de temperaturas (aún por encima del promedio Histórico) y disminución drástica de las lluvias.

Debido a las características particulares de clima, hidrografía, geología y actividades económicas entre otros, que constituyen factores importantes que conllevan a predeterminar un entorno desfavorable en cuestiones de habitabilidad, uno de los aspectos más delicados y causantes de la baja calidad de vida del sector, es la escasez de agua potable causada por los pocos eventos de lluvia, la insuficiencia de corrientes de agua, poca presencia de fuentes hídricas y altas temperaturas. También se tiene que reconocer una mala administración de los recursos económicos, ya que, a pesar de tener actividades económicas muy productivas como la fabricación de artesanías, sector agrícola, no se ve una inversión representativa enfocada a mitigar y resolver las condiciones precarias en las que se encuentra el departamento.

Se han planteado diferentes propuestas técnicas de solución con el fin de mitigar y mejorar las condiciones, pero a lo largo de su desarrollo se presentan obstáculos que infortunadamente no permiten el alcance del objetivo, teniendo en cuenta a la ingeniería civil como una ciencia en servicio de la comunidad para la mejora de vida y solución de problemas, analizando las causas y efectos a corto y largo plazo, calidad, eficiencia, durabilidad y viabilidad. Se propone a partir de la recopilación de distintas ideas de tipo hidráulico conocidas en la visita técnica internacional diseñar una estructura hidráulica con el fin de captar agua y a la vez aprovechar los eventos de lluvia, tomando datos de precipitación, características y comportamiento del suelo, fisonomía de la cuenca y demanda base como datos de entrada para realizar los modelos hidráulicos, determinar el diseño y dimensiones de la estructura.

Como propuesta en el alcance de este trabajo de grado se pretende profundizar en la identificación de correlaciones de condiciones secas en Colombia a través de la relación del régimen hidrológico de la zona y la aplicación del Índice de precipitación y evaporación en los cuales se tiene que realizar estudios lluvia-escorrentía con el fin de caracterizar el sitio de ubicación de la estructura de captación, para lo cual se realizarán los siguientes análisis:

- Identificación de estaciones de monitoreo para lluvias y caudales.
- Realizar estudios de correlación para proyecciones poblacionales en determinados centros poblados.

- Estudios de series de datos hidrológicos y meteorológicos con el fin de determinar la estacionalidad de estos y su proyección en función de períodos de retorno para el caso de eventos extremos.
- Dimensionar estructuras para una red de captación y posterior almacenamiento.

2 GENERALIDADES.

2.1 ANTECEDENTES

Panamá, a pesar de su privilegiada ubicación limitando con el océano atlántico y el océano pacífico, presentó problemas de suministro de agua potable, debido a sus deficientes fuentes hidrográficas. No obstante, también carece de cualquier posibilidad de producir material o explotar algún recurso, impulsada por la necesidad, desarrolló su potencial para generar ingresos a partir de la prestación de servicios, apoyada en la ciencia, la inversión extranjera y la innovación para dar solución a sus requerimientos, generó una de las mayores obras ingenieriles de la historia, el canal de Panamá.

Mediante su construcción se creó uno de los lagos artificiales más grandes del mundo, el lago Gatún, el canal no solo representa una de las mayores fuentes de ingresos del país, también abastece de agua potable a gran parte de la población. Para esto se buscó una problemática social que requiriera dar una solución efectiva con base en los mismos principios de ciencia aplicada.

Con el fin emplear el mismo principio de solución, se decidió tomar una iniciativa en el municipio de San Jacinto Bolívar, este municipio hace parte de una de las regiones denominadas como población de crisis nacional.

Para determinar las causantes de la crisis es necesario analizar todos los factores de carácter estructural y coyuntural, realidades sociales y económicas, adicional a esto la condición geográfica del municipio, el poder prestar los servicios públicos para suplir las necesidades primarias, sumado a esto la dispersión geográfica por largas distancias que existen entre poblaciones todo esto dificulta poder estructurar un sistema que conduzca agua para toda la población, sin duda también la crisis climática que rigen los ciclos de lluvias y sequías limitan el acceso de agua potable y la seguridad alimentaria de la región.

Producto de todos los factores anteriormente mencionados y de la ausencia de intervención del gobierno nacional para atender sus necesidades, en el último

periodo la comunidad se ha tomado las calles, originando cerca de ocho protestas, algunas a tal punto de generar el bloqueo de la troncal de occidente, impidiendo así el tráfico que une la costa caribe con el interior del país, la comunidad reclama la prestación del servicio de acueducto de manera digna y adecuada, ya que el mal manejo de los recursos públicos y la falta de inversión en el municipio hacen que el servicio no se esté prestando.

Aunque el gobierno impulsado por la crisis cívica del municipio implementó carro tanques en los sectores más urgidos para el suministro de agua y construyó pozos en estaciones de bombeo en puntos como El Palmar, efectuó recuperación y habitación de pozos en la planta de regeneración sobre la Troncal de Occidente. No han sido suficientes ni efectivas para la solución del problema.

El desarrollo de este proyecto se enfocara en dar una solución o alternativa al problema de escases, captación y almacenamiento de agua potable a la población del municipio de San Jacinto-Bolívar, que pueda solucionar diferentes problemas en la región, por medio de un análisis hidrológico e hidráulico que servirá como insumo para el posterior diseño una estructura hidráulica, teniendo en cuenta la ubicación ZH (Zona hidrográfica): Bajo Magdalena, SHZ(Subzona Hidrográfica): 2901 directos al bajo magdalena entre "El Plato y Calamar".

Aunque existen diversos documentos de tipo académico, ingenieril o de investigación que relacionan la temática a desarrollar o similitudes de ideas a adoptar a continuación se relacionan títulos consultados:

- “Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá” Autores: Jorge Luis Estupiñán Perdomo Héctor Ovidio Zapata García.
- “Utilización del agua de lluvia para consumo humano” artículo científico Autor: Ing. en Rec. Hídr. (M.Sc.) Mario Basán Nickisch

3 DELIMITACIÓN DEL EJERCICIO DE INVESTIGACIÓN.

3.1 PROBLEMA

¿Podría una estructura hidráulica de captación de agua superficial diseñada con base en las realidades territoriales de demanda de agua potable de la región, mitigar los efectos de sequía causados por la variación climática en el municipio de San Jacinto Bolívar?

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La idea principal es realizar el diseño de una estructura de captación para este sector de San Jacinto debido a sus diversas problemáticas de desabastecimiento de agua. Pese a que el municipio en algunos casos se surte y abastece de una laguna y de carro tanques, las provisiones son insuficientes para abastecer las necesidades de la población, tales como el desabastecimiento humano, agrícola y agropecuario. Este municipio se ubica más exactamente a dos horas de Cartagena capital del departamento de Bolívar. Esta propuesta toma incidencia principalmente a causa de una serie de conferencias y visitas técnicas guiadas por un grupo de expertos en la ciudad de Panamá que indicaron el proceso y los diversos antecedentes que ha tenido la capital desde décadas atrás para la captación de agua potable, con el fin de mitigar diversos problemas de desabastecimientos poblacionales, agrícolas y agropecuarios, desde que se inició la construcción del lago Gatún, un gran lago artificial localizado en Panamá, el cual es un elemento clave del canal de Panamá y el abastecimiento de agua potable de la población, otro de los antecedentes e ideas de la visita que relacionan la idea principal y el desarrollo del proyecto es el proceso de llenado del juego de tinajas que posee las esclusas de Cocolí en la ampliación del canal, que se hace a través de controles de recolección y captación de aguas lluvias y así mismo del bombeo de agua desde el lago Gatún, temas los cuales dieron pie para el inicio de la investigación y selección de temáticas de gran interés teniendo en cuenta los procesos hidráulicos, hidrológicos que intervienen en el diseño estructural e hidráulico del sistema de captación de agua potable que se plantea como lo es la estructura hidráulica que se quiere adaptar y diseñar.

El evaluó del planteamiento principalmente se realizó debido a las características climáticas que posee el territorio de "San Jacinto", es un clima de tipo tropical que es influenciado por los vientos alisios que soplan durante el primer semestre del año pero que además de esto cuenta durante los 365 días del año con lluvias

regulares entre los meses de Abril, Julio, Septiembre y Noviembre otro de los datos que da como punto de partida la selección de este lugar en el que anualmente se presentan precipitaciones que oscilan entre los 1.000 y 1.400 mm al año, con mayor intensidad en el segundo semestre del año. San Jacinto Ocupa el segundo lugar en el departamento de los municipios con mayor cantidad anual de precipitación; la humedad relativa es de 75 %”¹⁵ estas características darían muestra de que la ubicación de la estructura será viable para la metodología que se adoptara y para definir parámetros técnicos de su diseño con el fin de suplir necesidades que posea la comunidad.

De otro lado Se debe tener en cuenta para el planteo de dicha estructura y selección apropiada de la misma, con base en esa alternativa de solución existente, se debe realizar un adecuado modelamiento el cual busca mejorar el diseño y proponer una solución más efectiva práctica y formal.

3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Si bien se sabe que se han adoptado en el país diversas medidas para contrarrestar los efectos del fenómeno del niño quedando así dudas tales como: ¿Son eficientes las medidas de prevención tomadas para estos eventos?

3.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 ¿Qué se piensa hacer?

A partir de una serie de ideas significativas y técnicas obtenidas en la visita técnica internacional se optó por hallar una problemática la cual pudiese resolver inconvenientes a una determinada población en Colombia y con base a esto poder hacer uso de cada uno de los conocimientos ingenieriles para plantear una alternativa de mitigación de dicho problema.

¹⁵ALCALDÍA DE SAN JACINTO - BOLÍVAR. MUNICIPIO/ECOLOGÍA [EN LÍNEA]. < [HTTP://WWW.SANJACINTO-BOLIVAR.GOV.CO/MiMUNICIPIO/PAGINAS/ECOLOGIA.ASPX](http://www.sanjacinto-bolivar.gov.co/MiMUNICIPIO/PAGINAS/ECOLOGIA.ASPX) [06 DE JULIO 2017].

En principio se debe tener una etapa de investigación la cual defina la ubicación estratégica del lugar , todo esto con el fin de obtener una serie de datos iniciales que brinden toda la información primaria y poder realizar la selección de cada una de las metodologías a utilizar en el proyecto, a partir de esta etapa los datos ya conocidos tendrán que ser procesados y aplicados a cada una de las metodologías seleccionadas anteriormente y así finalmente dar inicio a la etapa diseño final de la estructura hidráulica de captación.

3.4.2 ¿De Dónde se tomó la idea del proyecto?, ¿Dónde se realizó o se dio la aplicación del proyecto?

La idea principal del proyecto fue tomada inicialmente de una serie de visitas técnicas realizadas en la Ciudad de Panamá, en donde se obtuvieron explicaciones detalladas sobre el funcionamiento, operación y control de diferentes estructuras hidráulicas allí encontradas.

En el nuevo Canal de Panamá de manera presencial se observó el proceso y el control detallado para el paso de los buques y el almacenamiento de aguas lluvias en sus 3 juegos de tinajas que son controladas por un sistema de volumen de vaciado y llenado para la operación de este.

El proyecto inicialmente se planteó y se definió a partir de una serie de investigaciones de viabilidad técnica y factores de incidencia como el aporte a la vulnerabilidad en alguna población colombiana.

La zona de San Jacinto-Bolívar parte norte de la costa Colombiana se seleccionó a partir de los antecedentes encontrados en dicha población y así darse cuenta de que el municipio sufre de una sequía causada y atribuida a los efectos del Fenómeno del Niño cuando se presentaron cierta época del año, la carencia de agua potable en la población, la necesidad y ausencia de un sistema de acueducto propio, así como el sistema de captación para el mismo , todo esto y mucho más fue el principal filtro de selección del lugar.

3.4.3 ¿Factores que limitan las posibilidades de resolver el problema o el desarrollo del proyecto?

Debido factores económicos el municipio de San Jacinto no cuenta con una estación meteorológica cercana a la zona de estudio, por tal motivo no se registran datos de la ronda hidráulica o sector propuesto para la ubicación de la estructura, debido a esto se optó por tomar una red compuesta por 8 estaciones pertenecientes al Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), éstas

estaciones se encuentran ubicadas a los alrededores del municipio de San Jacinto con el de tener los datos iniciales para el diseño.

3.4.4 ¿Quiénes (y cuantos) participaron?

Mediante un planteamiento inicial de ideas por parte de los autores del documento y el asesor de proyecto el Ing. Fidel Alberto Pardo Ojeda, encargado principal de la guía y el proceso metodológico asumido, son los partícipes de la formulación, elaboración, diseño del proyecto llamado: DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR).

3.4.5 Duración de la actividad.

Agosto de 2017-mayo de 2018 (9 meses), en donde se dividen distintas etapas:

1. Planteamiento del Problema.
2. Recopilación de datos e información primaria.
3. Formulación y presentación de la propuesta.
4. Corrección y ajustes
5. Elaboración del documento y diseño de la estructura.

3.4.6 Breve descripción de la actividad.

A partir del planteamiento principal de la propuesta de diseñar una estructura hidráulica para la captación y almacenamiento de aguas de escorrentía superficial en el municipio de San Jacinto (Bolívar), se recopilaron una serie de datos iniciales los cuales fueron pieza fundamental de seleccionar la metodología de diseño a emplear, de tal manera se aplicaron los conceptos ciencias bases que hacen parte de la ingeniería tales como: la hidrología , la hidráulica , geotecnia y la parte de diseño estructural con el fin de presentar un producto final aplicado a la ingeniería civil que pueda ser capaz de mitigar un problema de tipo social en el país.

3.4.7 ¿Cómo y por qué se decidió realizarla o participar en ella?

Con el fin de dar una opción y mitigar o superar la crisis por la que atraviesa años atrás diversas poblaciones entre estas San Jacinto por falta del servicio de acueducto, un sistema de captación para el mismo, el desabastecimiento para el consumo humano, las afectaciones producidas al sector agrícola y agropecuario. Todo lo anteriormente nombrado fue el punto de partida principal para optar por proponer el diseño de una estructura hidráulica de captación, la cual sea capaz de

dar solución pronta al problema social que afecta la mayor parte de la población, dicha estructura se diseñó a partir de una serie de estudios meteorológicos e hidráulicos los cuales son la base principal del mismo.

3.4.8 ¿Cuáles son los beneficios?¹⁶

“Beneficios de tipo Económico:

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades de consumo con un tratamiento previo.
- Reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso, ya sea en sanitarios, para lavar (superficies, vehículos o ropa), riego de jardines o cultivos, entre otras posibilidades.

Beneficios de tipo Medioambientales:

- Recargar los acuíferos abatidos.
- Conservación de las reservas de agua potable (ríos, lagos, humedales)
- Fomenta una cultura de conservación y uso óptimo del agua

Beneficios de tipo Sociales:

- Reducir la utilización de energía y de químicos necesarios para tratar el agua de lluvia en la ciudad, disminuyendo también el gasto que genera mover y tratar el agua negra del drenaje a distancias lejanas y tal vez ser consumida por necesidad.
- Aprovechar el volumen de agua potable usada en aplicaciones como el consumo humano con previo tratamiento de dichas aguas lluvias.
- Aun cuando las ventajas son numerosas, es necesario indicar también que los sistemas de captación de agua de lluvia cuentan con algunas desventajas tales como:
 - Dependier directamente de la cantidad de precipitación presentada en la zona.
 - La instalación de sistemas adecuados representa una inversión inicial que tarda unos años en amortizarse.

¹⁶ HIDROSOLUCIONES PLUVIALES [EN LÍNEA]. < HTTP://HIDROPLUVIALES.COM/CAPTACION-AGUA-DE-LLUVIA/> [06 DE ENERO 2018].(TODOS LOS BENEFICIOS ALLI NOMBRADOS).

- Se debe tener cuidado con posible contaminación del agua por materia orgánica o animales, razón por debe pasar por un proceso de limpieza antes de ser almacenada en un lugar seguro y bien cerrado.” (Texto extraído de: <http://hidropluviales.com/2012/11/29/captacion-agua-de-lluvia/>).

3.4.9 Número de beneficiados aproximadamente.

Se indica que población actual de San Jacinto-Bolívar oscila entre los 21.635 habitantes aproximadamente en un área rural 8.457 metros cuadrados todos estos datos según el boletín general emitido por el DANE en el último censo nacional del año 2005 y sus proyecciones dadas para el año 2018 información disponible en «Resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005»., también a los interesados en adoptar dicho sistema propuesto con el fin de mejorarlo o aplicarlo en algún lugar con características de vulnerabilidad similares.

3.4.10 Resultados alcanzados.

Creación, adaptación y aplicación para métodos de diseño de estructuras hidráulicas y cuencas que posean poca información, además de esto, mitigación de problemas y afectaciones de tipo social a una comunidad colombiana, a partir de ideas tomadas de la visita técnica internacional.

3.4.11 Impresiones u observaciones sobre la actividad o proyecto realizado.

Aprendizaje, desarrollo y aplicación de cada uno de los conceptos ingenieriles adquiridos durante la formación profesional fueron usados para el desarrollo de cada etapa del proyecto.

4 OBJETIVOS.

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar la viabilidad de la captación de agua superficial por medio de una estructura hidráulica que logre dar solución al desabastecimiento en la región geográfica ubicada en el municipio de San Jacinto departamento de Bolívar, implementando los conocimientos adquiridos en la visita técnica internacional para lograr identificar las características hidro-climáticas de la zona con el fin de proponer como solución a este problema, la ubicación estratégica de dicha estructura que sirva como soporte, capitación y almacenamiento de agua a zonas más vulnerables y desabastecidas del sector agrícola y agropecuario.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Adaptar las medidas de solución ejecutadas para la escasez de agua potable evidenciadas en la visita técnica.

Analizar los factores que se tuvieron en cuenta para realizar el diseño hidráulico de las obras ingenieriles construidas en panamá

Adelantar estudios de caracterización hidro-climática identificando entre otros los siguientes factores:

- Modalidad y recurrencia de precipitaciones.
- Modalidad y recurrencia de caudales en las principales corrientes.
- Modalidad y recurrencia de variables que permitan establecer balances hidro-climáticos (temperatura, brillo solar y evaporación).

Diseñar estructuras hidráulicas que sirvan como soporte en eventos extremos y moderados de sequía con el fin de contener agua en zonas de alta vulnerabilidad.

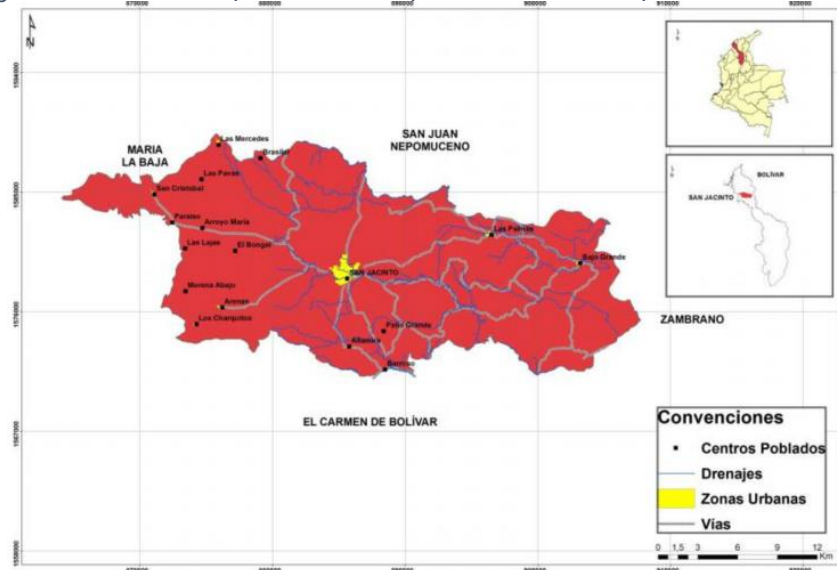
5 ELIMITACIÓN y DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.

5.1 ESPACIO¹⁷

5.1.1 Localización espacial


El municipio de San Jacinto fue fundado más exactamente el 16 de agosto de agosto de 1776 por Don Antonio de la Torre y Miranda. En referencia al esquema y plan de ordenamiento territorial, este municipio se encuentra localizado precisamente en el norte de la república de Colombia mucho más exactamente en el departamento de Bolívar, en las siguientes coordenadas geográficas: 9° 49' 46" latitud norte y 75° 06' 56" longitud oeste. Geográficamente, limita al norte con el municipio de San Juan Nepomuceno, por el sur del municipio de El Carmen de Bolívar, por el este con el municipio de María la Baja.

Figura 1 Localización espacial del municipio de San Jacinto departamento de Bolívar.



Fuente: Sistema de Información Comunitaria de los Montes de María, SICMMA.

¹⁷ PERFIL PRODUCTIVO SAN JACINTO -BOLÍVAR [EN LÍNEA].
<[HTTPS://ISSUU.COM/PNUDCOL/DOCS/PERFIL_PRODUCTIVO_SAN_JACINTO](https://issuu.com/PNUDCOL/DOCS/PERFIL_PRODUCTIVO_SAN_JACINTO)> [2018].

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---


5.1.2 División Territorial

Según la división Político-Administrativa DIVIPOLA y el esquema de ordenamiento territorial del municipio, San Jacinto está Conformado por un total de 42 Barrios la zona urbana y 6 corregimientos, 12 veredas y 2 centros poblados tipo caserío, ubicados en Zona rural.

Tabla 1. Parámetros Morfométricos Básicos.

Corregimientos	Veredas	Centro poblado tipo caserío	Barrios
1. Arenas 2. Bajo Grande 3. Las Palmas 4. San Cristóbal 5. Las Charquitas 6. Paraíso	1. El Bongal 2. Barcelona 3. La negra 4. El Encanto 5. Las Lajas 6. Brasilar 7. Arrollo de María 8. Casa de Piedra 9. Morena Abajo 10. Morena Arriba 11. Arriba del arrollo 12. Las Playas	1. Las Mercedes 2. Villa Alegría	1. Barrio Abajo 2. Barrio Arriba 3. Buena Vista 4. Buenos Aires 5. Campo Alegre 6. Candelilla 7. Centro 8. Coco Coco 9. El Anzuelo 10. El Recreo 11. El Siete 12. El Guanábano 13. Javier cirujano Arjona 14. La ajera 15. La Campesina I 16. La Campesina II 17. La Gloria 18. Las Mochilas 19. Loma Del Viento 20. Portales 21. Marbella 22. Mira Flores 23. Nuevo horizonte 24. Nuevo Santander 25. Ocho de diciembre 26. Paraíso 27. Plaza de la Paz 28. Porvenir 29. San Abel 30. San Carlos 31. San Francisco 32. San José 33. San Miguel 34. San Rafael 35. Santa Ana 36. Santa Lucia 37. Santander 38. Sucre 39. Torices 40. Villa Alegría 41. Villa María 42. Yuca Asa

Fuente: División Político-Administrativa DIVIPOLA.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

5.1.3 Estado de servicios Públicos domiciliarios

Primordialmente las condiciones que necesitaría una persona del común para vivir dignamente, sin importar cuál sea su tipo de estrato se encuentran los servicios públicos domiciliarios como acueducto y alcantarillado, electricidad, gas doméstico y aseo, ya que estos garantizan el bienestar y la salubridad de la población de San Jacinto en este caso. En cuanto a la cobertura de los servicios públicos, se tomó como referencia la encuesta del SISBEN (2013) que presenta una aproximación de las condiciones y situación en las que se encuentra la población de San Jacinto en los momentos.

De acuerdo con los datos encontrados, la cobertura del servicio de acueducto en San Jacinto es del 0%; más sin embargo existe en el municipio una infraestructura física del servicio solamente 1.685 viviendas se encuentran conectadas a la red domiciliaria, No obstante, el servicio prestado no se realiza de manera continua y en condiciones óptimas de salubridad.

La calidad del servicio de acueducto, según el informe de vigilancia de la calidad del agua (2012), representa un alto riesgo para la salud de los habitantes de San Jacinto, teniendo en cuenta que el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) Según fue de 74.6% y una cobertura del 0%.



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tabla 2. Servicios públicos en San Jacinto -Bolívar.

	Acueducto	Energía	Alcantarillado	Gas	Aseo
Cobertura	0%	93.3%	0%	62.45%	0.44%
Suficiencia	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Continuidad	No Aplica	El servicio se presta de forma continua, solo es interrumpido para efectos de mantenimiento y en época de sequía.	No Aplica	El servicio prestado de manera eficiente.	En los barrios ubicados en el centro del municipio, el servicio se presta en promedio dos veces a la semana.
Calidad	IRCA: 74.6%	En términos generales el servicio es bueno, con excepción de los barrios ubicados en la periferia donde el voltaje de la energía es bajo.	No aplica	Servicio de buena calidad.	Es regular debido a la baja frecuencia de recolección del servicio.
Peso en los indicadores de calidad de vida (NBI Y PMD²)	Según el IPM, el 98.21% de la población está privada del servicio.	No aplica	Según el IPM, el 97.59% de la población está privada del servicio.	No aplica	No aplica

Fuente: Encuesta SISBEN, corte 31 octubre del 2013, DANE.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

5.2 ALCANCE DEL PROYECTO EN EL MUNICIPIO

El presente proyecto abarcará un determinado sector agrícola y agropecuario del municipio de San Jacinto Bolívar, se dará a conocer la ubicación y el diseño de la estructura hidráulica, para el beneficio de quienes hacen parte del área de influencia.

El diseño se enfocará en mitigar los desabastecimientos que sufre el sector agrícola y agropecuario, y abarca únicamente la parte de almacenamiento y captación de la estructura hidráulica, dejando así un punto de partida para el diseño de una futura red de abastecimiento o acueducto para la población en general.

5.3 LIMITACIONES DEL PROYECTO EN EL MUNICIPIO

La falta de actualización de los registros hídricos del municipio de San Jacinto y la falta de una estación pluviométrica de registros hídricos por parte del IDEAM, entre otros estudios no encontrados dieron pie de tener que buscar alternativas y diferentes fuentes al momento del estudio.

El Banco de datos no actualizados en algunos casos, de las empresas dedicadas al rubro de estadística y datos técnicos del país.

El período de tiempo de recolección de la información comprende un año de duración a partir de marzo de 2017 año en que se puso en propuesta el proyecto.

6 MARCO REFERENCIAL.

6.1 MARCO TEÓRICO

Para dar alcance al estudio, en forma metodológica se realizarán los siguientes procesos tendientes a que en forma ordenada identifiquen el problema, analicen el problema y presentan soluciones técnicas. En la Figura 3¹⁸, se presenta

¹⁸ FUENTE PROPIA DE LOS AUTORES


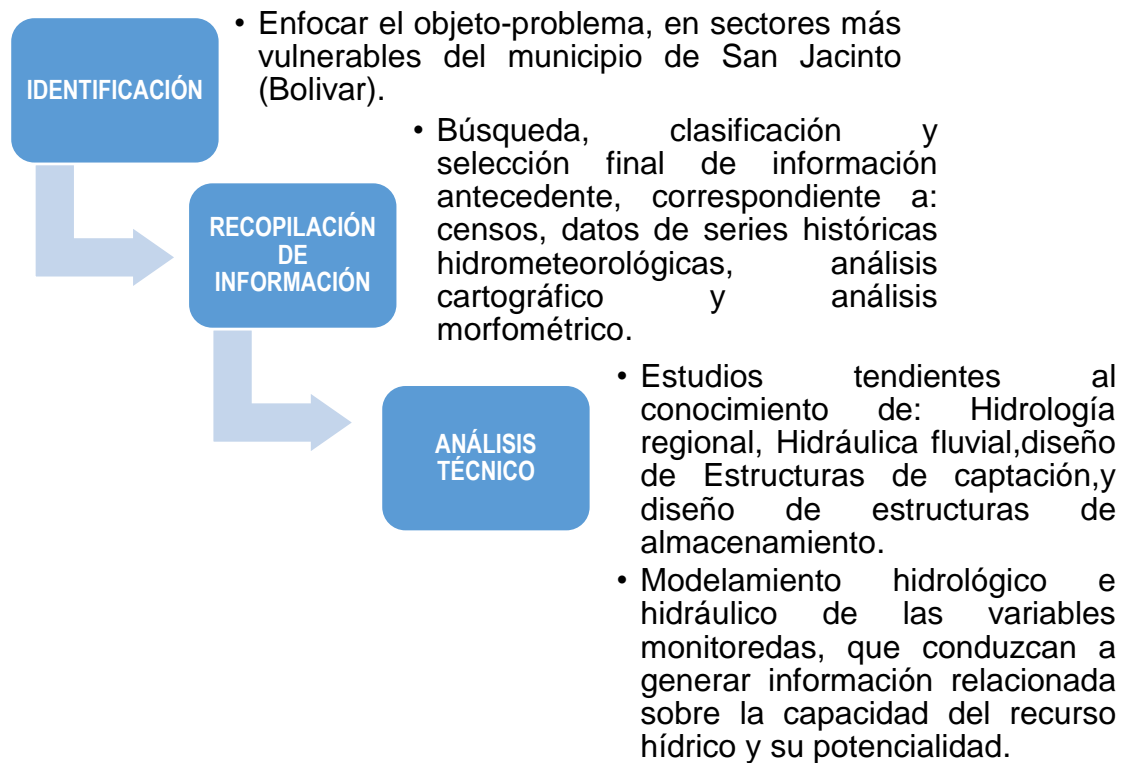
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------


Figura 2 Proceso dentro de la metodología



Fuente 2 Propia de los autores.

Como marco metodológico se presenta en la Tabla 1, el alcance técnico que tendrá el estudio propuesto, enfatizando que el mismo es tendiente a los siguientes alcances:

- Identificación del problema (tipo de población, estimado de población base y población flotante, basado en datos del DANE y empleando métodos de proyección).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

- Identificación de fuentes de datos que permitan caracterizar la zona de trabajo (estaciones hidrometeorológicas y cartografía general; la fuente primaria (más no la única) será el IDEAM).

- Se resalta que el estudio propuesto se basará en la caracterización de una cuenca básica en inmediaciones del municipio de San Jacinto, sobre la cual se adelantarán estudios hidrológicos e hidráulicos, con el fin de:
 - Determinar cuáles son las fuentes hídricas y su potencialidad en función del período de retorno específico, con el fin de permitir la captación de agua superficial y de escorrentía.
 - Diseñar las estructuras hidráulicas necesarias para la captación de las aguas superficiales y de escorrentía.
 - Diseñar estructuras hidráulicas para contención y almacenamiento de las aguas superficiales y de escorrentía capaces de mitigar los efectos de la sequía.

- Es importante resaltar que, con este estudio, se pretende ofrecer una solución de carácter social a las comunidades que carecen de agua y el alcance de este será únicamente hasta el sitio de almacenamiento, por lo cual no es alcance del estudio el tratamiento del agua (se enfatiza: únicamente es captación y almacenamiento) con el fin de dar solución a los principales problemas de la población.



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Tabla 1. Marco metodológico del alcance del estudio propuesto¹⁹

INFORMACIÓN RECOPIADA	TIPO DE INFORMACIÓN RECOPIADA	ESTUDIOS QUE REALIZAR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS A OBTENER
Poblacional	Datos de censos.	Proyección poblacional.	Sugerida por RAS vigente para proyecciones estadísticas (geométrica, aritmética, logarítmica y generalizada), resolución 0330 de junio de 2017.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Población futura por servir.
Series históricas	Registros tipo medio mensual multianual.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinación de regímenes de lluvia. ▪ Determinación de regímenes de caudales. ▪ Balance hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelamiento hidrológico: HYFA, SMADA. ▪ Modelamiento hidráulico: SWMM o HEC RAS. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escogencia tipo de obra de captación. ▪ Diseño de captación. ▪ Diseño de estructuras de almacenamiento.


¹⁹ FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE LOS AUTORES.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Cartográfica.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escalas globales (DANE). ▪ Escalas bajas para la zona de estudio (IDEAM). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación de centros poblados principales y secundarios. ▪ Caracterización de la cuenca. 	Mapeo de información en plataforma digital global y en plataforma digital ArcGIS.	Delimitación de la zona de trabajo y de la cobertura de la solución propuesta.
Modelamiento o hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datos hidráulicos necesarios para el diseño 	modelación y simulación	HEC - RAS (flujo libre) o EPANET (flujo a presión).	Diseño hidráulico.
Modelamiento o hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datos hidrológicos y registros necesarios para el diseño 	simulación hidrológica	HEC – HMS para la simulación del modelo de lluvia escorrentía de la Cuenca tributaria.	Diseño hidrológico.

Fuente: Propia de los autores.

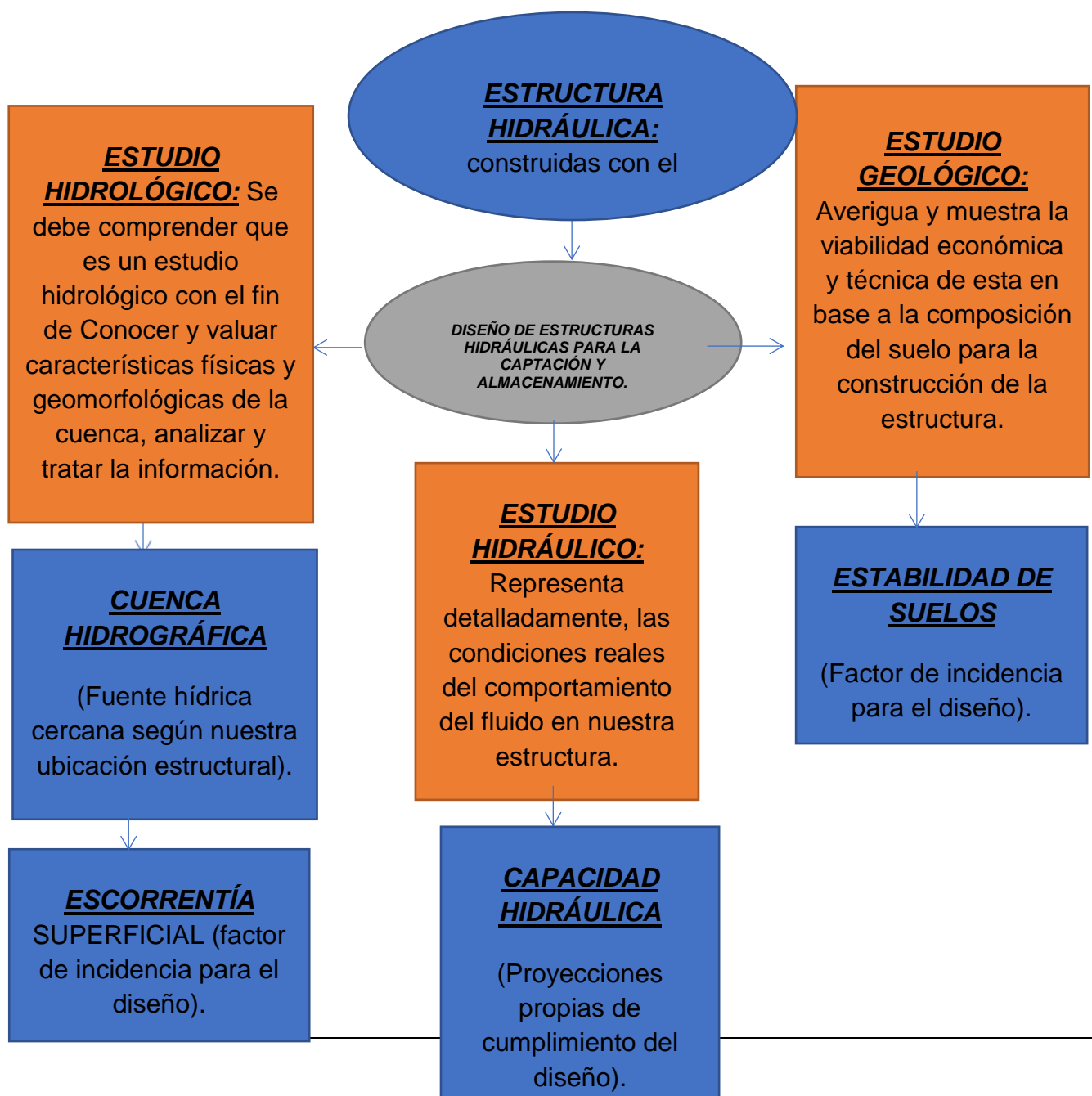
Adicionalmente a la información relacionada en la Tabla 1, es importante resaltar que además de cumplir con los protocolos y normatividades (tipo ISO, NTC, ICONTEC, resolución 0330 de junio de 2017. etc.), en el estudio se explicarán cada uno de los procedimientos seguidos, generando así una metodología para que pueda ser seguida en otros estudios posteriores.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

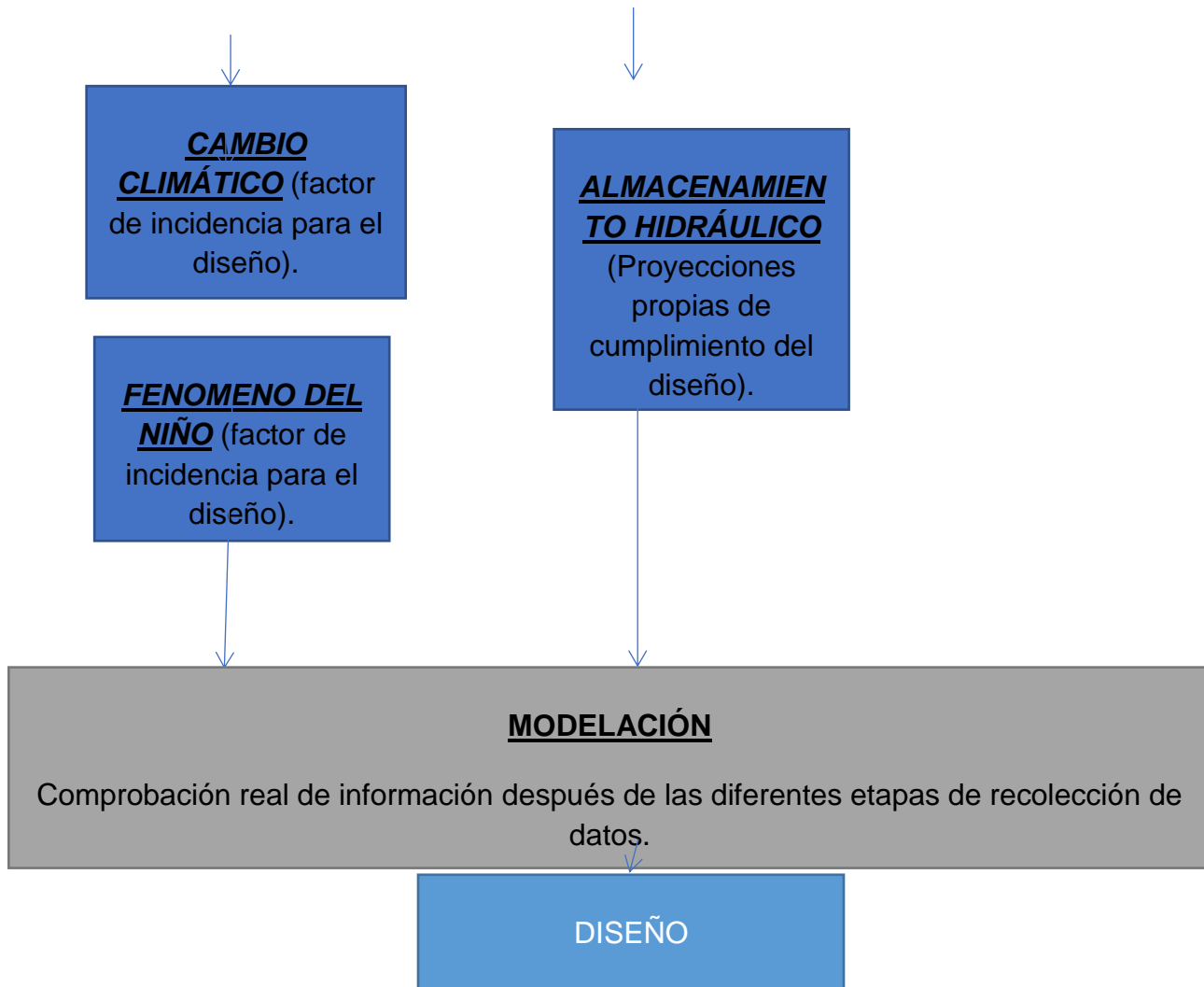
6.2 MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes conceptos describen de forma clara y detallada los conceptos teóricos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto, así mismo la intervención en cada una de sus etapas de estudio, trabajo e influencia


Ilustración 1. Conceptos.



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---



Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---


6.3 MARCO LEGAL.

“La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.

La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

La Resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico”.²⁰

²⁰ ACODAL ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL [EN LÍNEA]. <[HTTP://WWW.ACODAL.ORG.CO/REGLAMENTO-TECNICO-RAS-NUEVA-RESOLUCION-0330-DE-2017/](http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/)>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

7 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO.

La aplicación general que tendrá la investigación monográfica se centrará en las siguientes ramas y ciencias de la Ingeniería Civil, así mismo para el procesamiento de sus datos en general:

7.1 HIDROLOGÍA

A partir de la selección general y delimitación de la cuenca a trabajar, se identificarán los principales puntos de obtención de datos hidrológicos, los cuales sean punto de partida de selección y diseño de la estructura.

7.2 HIDRÁULICA


Aplicación de conceptos básicos para la estimación de la pendiente hidráulica y enfoque al diseño de la estructura de captación.

7.3 GEOTECNICA

Con el fin de conocer el tipo de suelo existente en la zona, debido a que varios de los datos dependen del mismo con el fin de abarcar su procesamiento.

7.4 ESTRUCTURAL

Para la estimación final del proyecto se tendrá que recurrir a la rama estructural, con el fin de estimar el diseño final de la estructura hidráulica y su material constructivo.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

8 METODOLOGÍA.

8.1 TIPO DE ESTUDIO

La presente monografía se basa en el análisis de información pluviométrica y meteorológica, con el fin de realizar un estudio hidrológico e hidráulico que servirá como principio y base para el posterior diseño de una estructura de captación de agua proveniente de precipitación y escorrentía superficial.

8.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Después de llevar a cabo una extensiva revisión para determinar qué aspectos son relevantes que servirán como insumos para elaborar el estudio, las modelaciones probabilísticas hidrológicas e hidráulicas, se recopiló información de variables de uso primordial, datos de temperatura, precipitación y caudales.

8.3 DISEÑO METODOLÓGICO

8.3.1 Recopilación de información


Para la obtención de información necesaria para la investigación, se acudió a las instituciones encargadas de tomar los foros en el departamento de Bolívar, desafortunadamente, en el municipio de estudio no se registran datos debido a diferentes factores económicos y coyunturales, por ende, se tomó una red compuesta por 8 estaciones pertenecientes al Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), ubicadas a los alrededores del municipio.

Se recopiló información geográfica obtenida por el instituto geográfico Agustín Codazzi, con el fin de delimitar y determinar las características fisiográficas, morfométricas y parámetros hidrofisiográficos.

8.3.2 Procesamiento de datos

8.3.2.1 Estudio hidrológico – hidráulico

Se estiman las principales características morfométricas de una cuenca como tamaño, clase de pendiente, número de orden de la red hídrica, densidad de drenaje

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

y factor forma de una cuenca entre otras, variables que permiten evaluar teóricamente el comportamiento de una cuenca frente al paso de una lluvia intensa.

Estos parámetros relacionan principalmente el relieve, la hidrografía y diferentes rangos altitudinales de la zona con la forma de la cuenca, lo que permite teóricamente estimar el grado de respuesta especialmente de los ríos para evacuar en un momento dado los excesos de agua, proveniente de la escorrentía que dependen en gran medida entre otros aspectos de la pendiente del terreno y el uso del suelo.

Los principales parámetros morfométricos consultados, corresponden a diferentes referencias bibliográficas, que en la mayoría de los casos mantienen el mismo criterio, pudiendo variar en algunos casos cuando se trata de caracterizar los grados de respuesta de la cuenca frente a un evento natural, esto en razón a la subjetividad de la respuesta debido a las diferentes variables que se interrelacionan en un momento dado como la humedad antecedente del suelo.


Los parámetros principales que consultar para la caracterización de la cuenca son el Tamaño de la cuenca, Hidrograma de frecuencias altimétricas, Curva Hipsométrica, Pendiente media del cauce principal, Pendiente media de la cuenca, Coeficiente de Masividad, Factor forma, Número de Orden de la Red Hídrica, Densidad de drenaje, y tiempos de concentración, a partir de estas variables se puede estimar otros parámetros que se consideren relevantes para el desarrollo de un estudio específico.

Para determinar los tiempos de concentración se emplearon los métodos de Kirpich, Hathaway, Velocidad del SCS, George Rivero y la Ecuación de retardo (Lag) SCS.

Para el cálculo de la evapotranspiración se emplearon los métodos de Hargreaves y thornthwaite

Debido a la falta de información disponible en el municipio, se definió la aplicación de métodos sencillos que se adapten a la calidad de la información disponible ²¹,

²¹ "HIDROLOGÍA EN CUENCAS PEQUEÑAS CON INFORMACIÓN ESCASA" PAG.28

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

para la obtención de la capacidad de suministro de demanda se empleó la fórmula racional. Esta fórmula se identifica con la ecuación:

Ecuación 1 Método racional para determinación de Caudal.


$Q = CiA$ donde Q : Caudal producido por un aguacero de intensidad i .

A : Area de la cuenca.

C : Coeficiente de escorrentía

La intensidad “ i ” se determinó por medio de la realización de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), utilizando los datos obtenidos por las estaciones.

En los siguientes Capítulos se mostrará el calendario general y los tiempos que se destinaron a cada etapa necesaria para la presentación del proyecto y el presupuesto oficial.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

9 CAPITULO I. RECOPIACIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN PRINCIPAL.

Para dar inicio al proceso de diseño se tuvo que realizar una recolección de datos que hace referencia al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que serán utilizadas por medio de un método analista y así desarrollar los sistemas de información iniciales, que permitan procesar dicha información y se pueda dar inicio a la gran obra de infraestructura y diseño como lo indica el objetivo principal del documento.

Todos estos instrumentos de recolección de datos hidrológicos se aplicarán en un momento en particular, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación en común para dar pie e inicio de datos de diseño inicial. En la presente investigación se trata con detalle los pasos que se debe seguir en el proceso de recolección de datos, con las técnicas ya antes nombradas para realizar el diseño de la estructura hidráulica paso por paso.


9.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO

9.1.1 Parámetros hidrofisiográficos de la cuenca.

Se acudió al IGAC (Instituto Geográfico Agustí Codazzi) por información topográfica, ubicación geoespacial, características de superficie terrestre, curvas de nivel, cuerpos de agua existentes, se eligieron tres planchas topográficas (37, 38 y 45) pertenecientes a el plano departamental de Bolívar a escala 1:100.000 debido a que poseen la mayoría de información antes mencionada y un raster de Colombia de 30*30.

9.1.2 Información hidrológica de las estaciones.

En el municipio de San Jacinto Bolívar, no se encuentra definida una estación que haga reportes a las centrales de control, más sin embargo Esta red está compuesta por las estaciones ZAMBRANO, CANONEGRO HDA, INDUGAN HD, CARMEN DE BOLIVAR, GUAMO EL, TENERIFE, MONTERREY FORESTAL Y PLATO, estaciones oficiales muy cercanas, que brindan información verídica y valiosa de los datos hidrológicos que queremos determinar. (Ver Figura No.13)

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

10 CAPITULO II. INTERPRETACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

10.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO

10.1.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

La caracterización se realizó para el área de influencia del municipio de San Jacinto de Bolívar, ubicado al norte del departamento de Bolívar en la subzona hidrográfica del Bajo Magdalena entre el Plato y Calamar. La cuenca delimitada en esta subzona corresponde al cauce más largo de la zona aferente al municipio de San Jacinto y corresponde a los arroyos Caracolito y Alférez, los cuales tiene una longitud de 61 km hasta su descarga al río Magdalena.

10.1.1.1 SÍNTESIS CARTOGRÁFICA

Con la cartografía disponible se procedió a generar unas curvas de nivel cada 10 metros a partir de un raster de Colombia de 30*30, la delimitación del área en la cuenca alta del arroyo Caracolí - Alférez se realizó tomando como referencia la capa de subzonas hidrográficas y la red hidrográfica. A partir esta información y con herramientas de ArcGis se generaron diferentes salidas gráficas que sirvieron de insumo para calcular las variables morfométricas enunciadas.

La zona de interés como ya se indicó se ubica al norte del departamento de Bolívar, en la cuenca baja del río Magdalena entre el Banco y el Plato Magdalena. La cuenca delimitada corresponde al arroyo Caracolito y Alférez ubicado al sur de la cuenca, el cual tiene una extensión de 61 km de longitud hasta llegar al río Magdalena a la altura del municipio de Magdalena. Otra fuente superficial que se destaca y que atraviesa el municipio de San Jacinto en la zona es el arroyo San Jacinto que se encuentra al norte de la cuenca, el cual tiene una longitud de 37 km hasta descargar al arroyo Caracolito – Alférez.


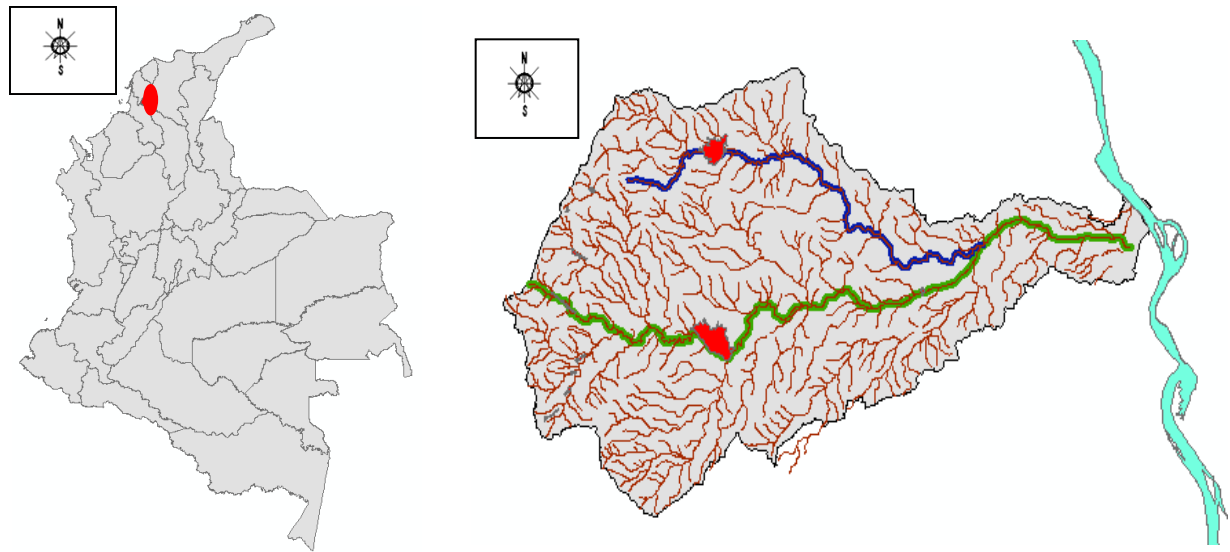
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Figura 2. Ubicación Espacial Zona de Interés.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

A partir de la delimitación de la cuenca y con el ráster del modelo digital de elevación de 30 X 30, se generaron curvas de nivel cada 10 metros.


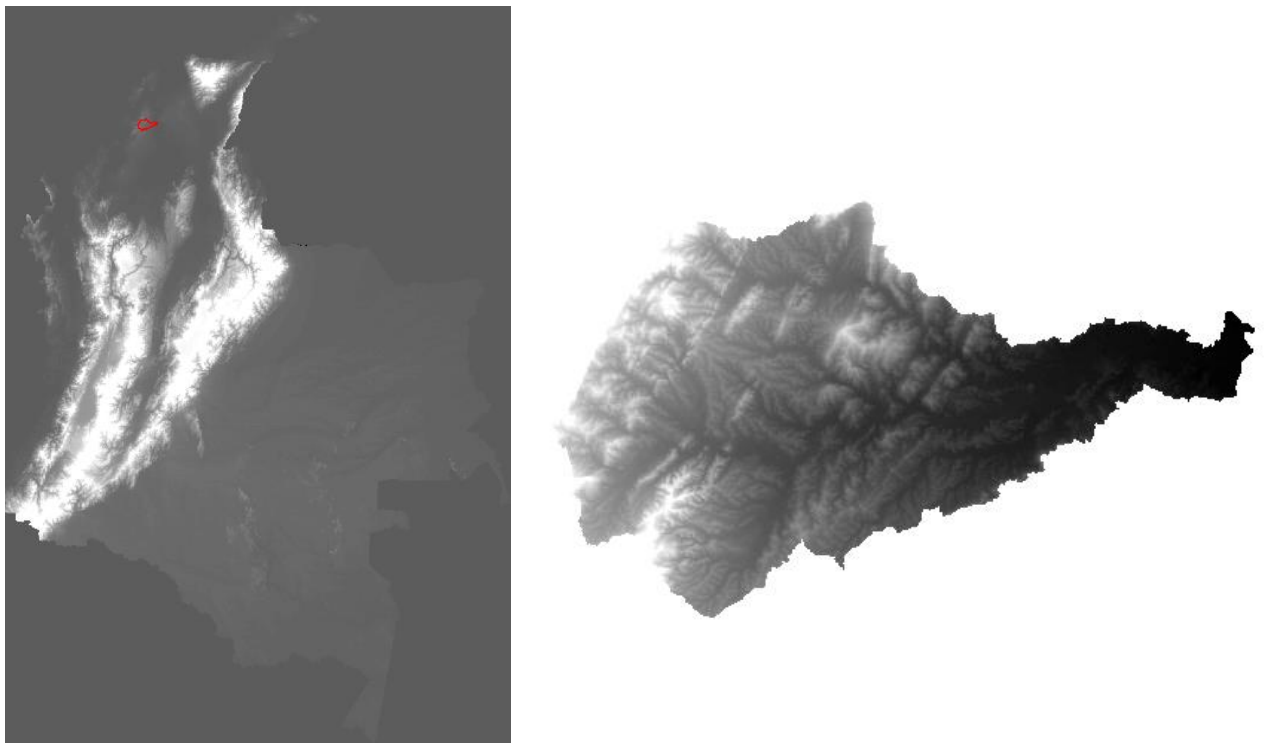
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Figura 3. Modelo digital de elevación.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1


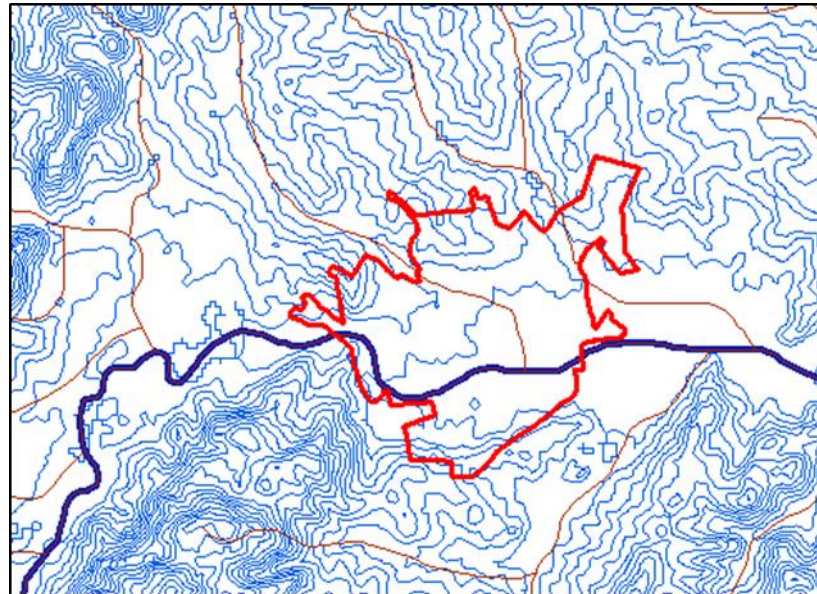
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Figura 4. Curvas de Nivel cada 10 m, a Partir del Modelo Digital de Elevación (30x30)



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1.

En la gráfica se observa el municipio de San Jacinto ubicado entre las cotas 280 y 240 msnm, y el arroyo San Jacinto que atraviesa el sur del municipio.

10.1.1.2 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

A partir de la cartografía disponible y del procesamiento realizado en ArcGIS, se calcularon los parámetros morfométricos más representativos de la cuenca del arroyo Caracolcito y Alférez.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tabla 2. Parámetros Morfométricos Básicos

VARIABLE	VALOR ESTIMADO	
Area Cuenca (km ²)	725	
Perimetro (Km)	169.31	
Cota Superior (msnm)	450	
Cota Inferior (msnm)	10	
Longitud Curvas de nivel (km)	7889.08	
Longitud Red Hidrica	1684.07	
Lc(Km) Longitud Axial	58.80	
L´(Km)longitud Recta Cauce	50.43	
L(m) longitud cauce Principal	61009	
Indice de Gravelius	Kc	1.76
Coefficiente de Masividad	Kc´	1.33
Factor Forma	Kf	0.21
Densidad de Drenaje	Dd	2.32
Sinuosidad	Sim	1.21
Pendiente media de la cuenca	Sc %	1.31
Elevación Media de la cuenca (m)	Em	227.88
Coefficiente de Masividad	Cm	0.31
Coefficiente Orografico	Co	71.65
Pendiente media ponderada del cauce	Srp% Promedio	0.09%
Pendiente media del cauce	Srm %	0.72%

Fuente: Propia de los autores.


10.1.1.3 TAMAÑO DE LA CUENCA

Este hace referencia a la extensión de la cuenca, la cual tiene en su totalidad un área de 725 km² lo cual según “CAMPO 2002, se encuentra en el rango de intermedia a grande.

Tabla 3. Tamaño de la Cuenca – Campo 1991.

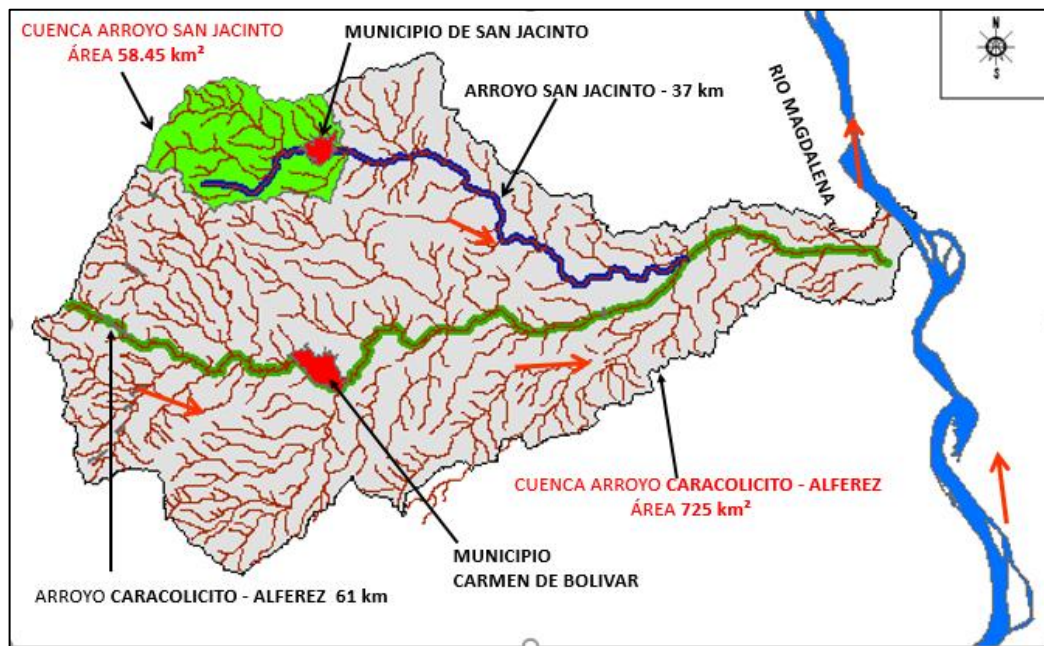
Tamaño de la Cuenca (km ²)		Descripción
25	250	Pequeña
250	500	Intermedia Pequeña
500	2500	Intermedia Grande
2500	5000	Grande
	5000	Muy Grande

Fuente: CAMPO 2002, se encuentra en el rango de intermedia a grande.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Es importante recordar que los parámetros morfométricos estimados corresponden al cauce más largo de la cuenca, que para el caso se refiere al Arroyo Caracolicito y Alférez, sin embargo, con el fin de estimar el área de influencia directa al municipio de San Jacinto se delimitó una subcuenca para el arroyo San Jacinto hasta el municipio del mismo nombre, el cual tiene un área de 58.45 km² hasta los primeros 10 km de 37 km de longitud que tiene el arroyo San Jacinto hasta su descarga al arroyo Caracolicito y Alférez.

Figura 5. Tamaño de la Cuenca Arroyo Caracolicito y Alférez.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

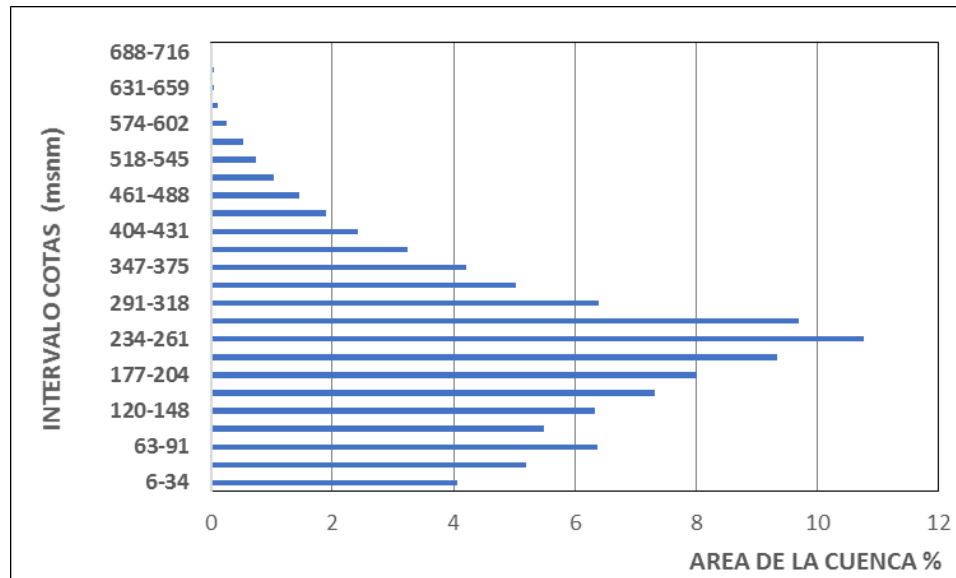
De la tabla anterior el área aferente directa al municipio de San Jacinto por su extensión (53.45 km²) es considerada pequeña.

10.1.1.4 HIDROGRAMA DE FRECUENCIAS ARITMÉTICAS

El histograma de frecuencias indica el porcentaje de área comprendida entre dos alturas determinadas, que para el caso las áreas más predominantes comprenden

el rango altitudinal de 261 msnm a 234 msnm (10.77%), seguido de las cotas 290 msnm a 262 msnm (9.68%) y 233 msnm a 205 msnm (9.33%).

Figura 6. Histograma de Frecuencias Altimétricas



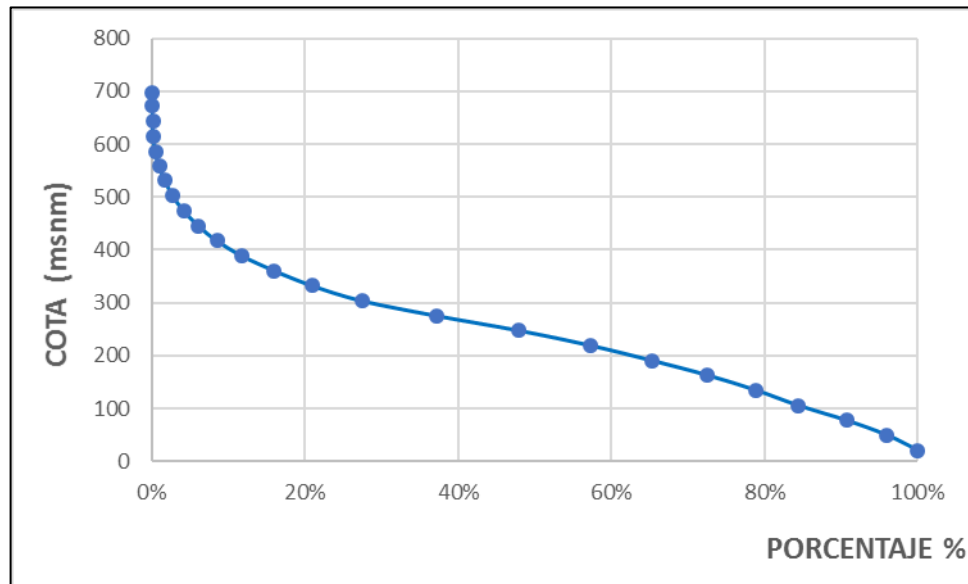
Fuente: Propia de los autores.



10.1.1.5 CURVA HIPSOMÉTRICA.


La curva hipsométrica nos indica el porcentaje de la cuenca o superficie de la cuenca en km² que existe por encima de una cota determinada.

Figura 7. Curva Hipsométrica.



Fuente: Propia de los autores.

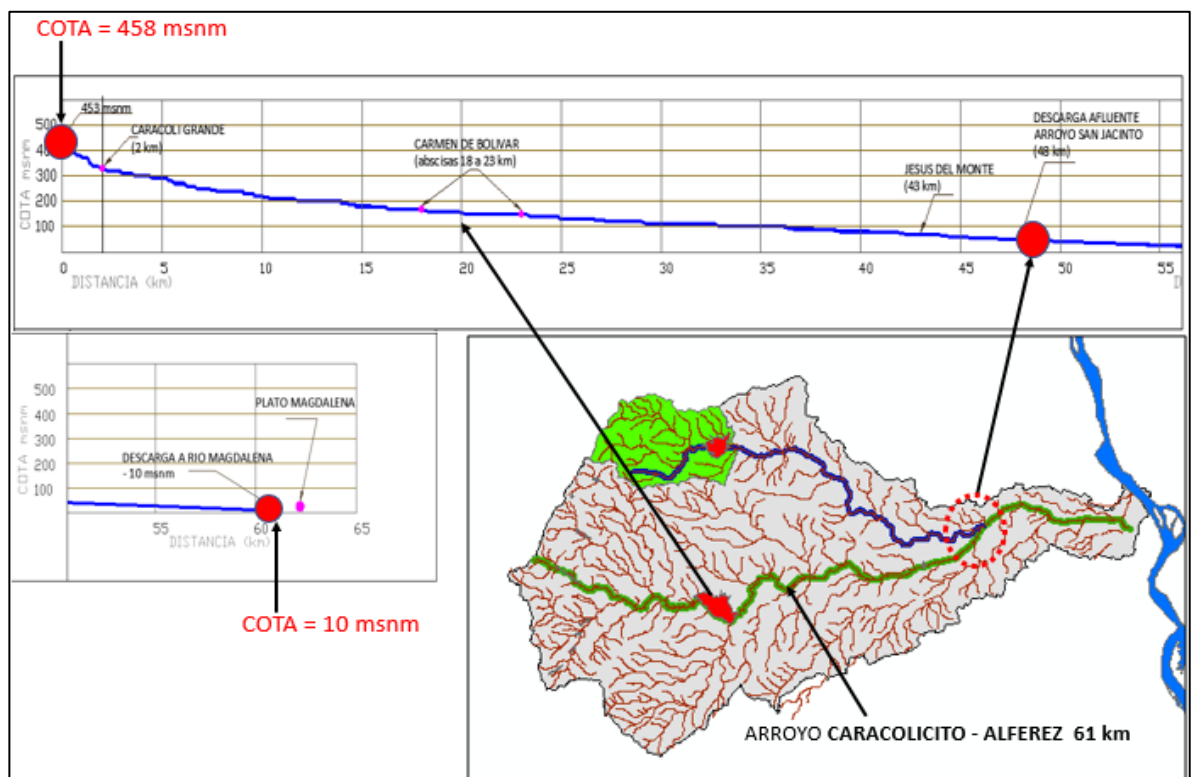
De la gráfica anterior se puede apreciar que la pendiente más significativa se encuentra por encima del 20%, lo cual equivale aproximadamente a cotas mayores a 320 msnm, a partir de aquí la curva se vuelve más plana coincidiendo con la parte media y baja de la cuenca según se aprecia en el perfil longitudinal del arroyo Caracolcito y Alférez que se presenta más adelante.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

10.1.1.6 PERFIL LONGITUDINAL

Con el fin de apreciar la pendiente hidráulica de los arroyos Caracolicito – Alferez y San Jacinto, se elaboró el trazado longitudinal de los mismos, y sobre estos se ubicaron los sitios más representativos a lo largo de toda la cuenca.

Figura 8. Perfil Longitudinal Arroyo Caracolicito - Alferez



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

El arroyo Caracolicito y Alferez según se aprecia en el perfil nace sobre la cota 458 msnm y después de recorrer 61 km hasta llegar al río Magdalena desciende hasta los 10 msnm. En su recorrido el sitio más representativo se ubica entre los 18 y 23 km y corresponde al municipio de Carmen de Bolívar, mientras que aguas abajo sobre la abscisa 48 km descarga el caudal que transporta el afluente arroyo San Jacinto.


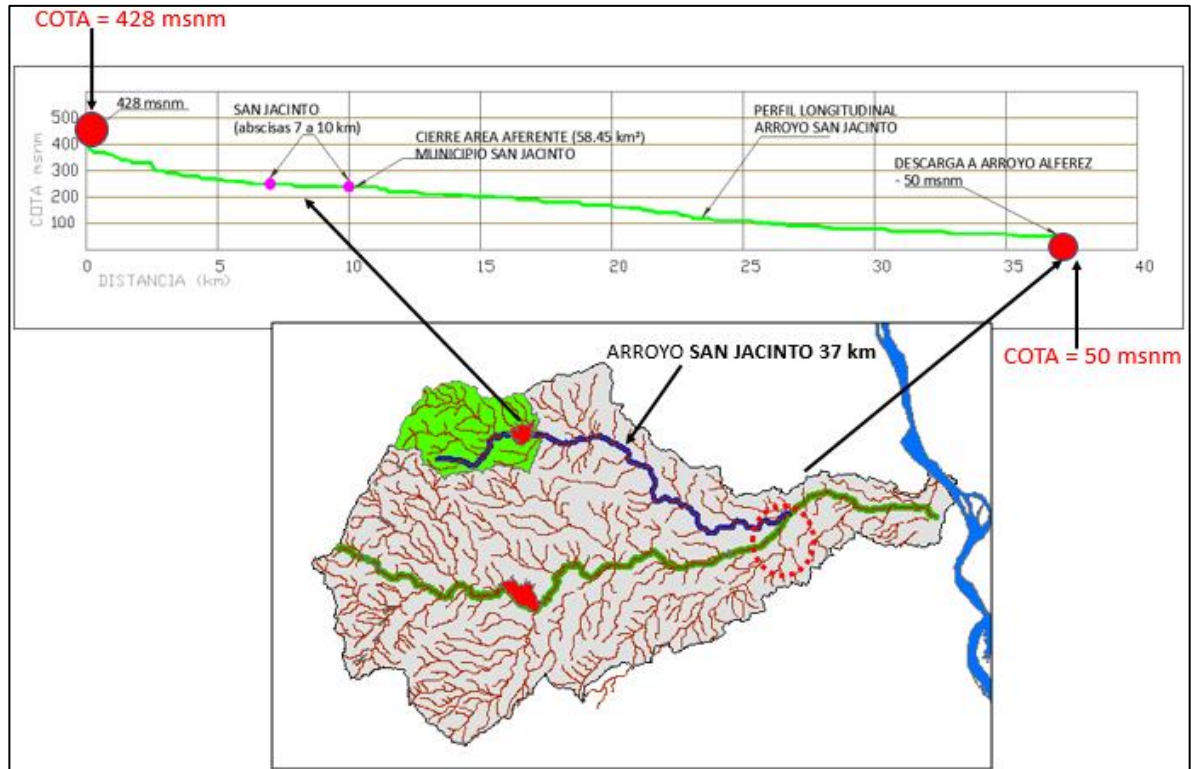
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Figura 9. Perfil Longitudinal Arroyo San Jacinto.



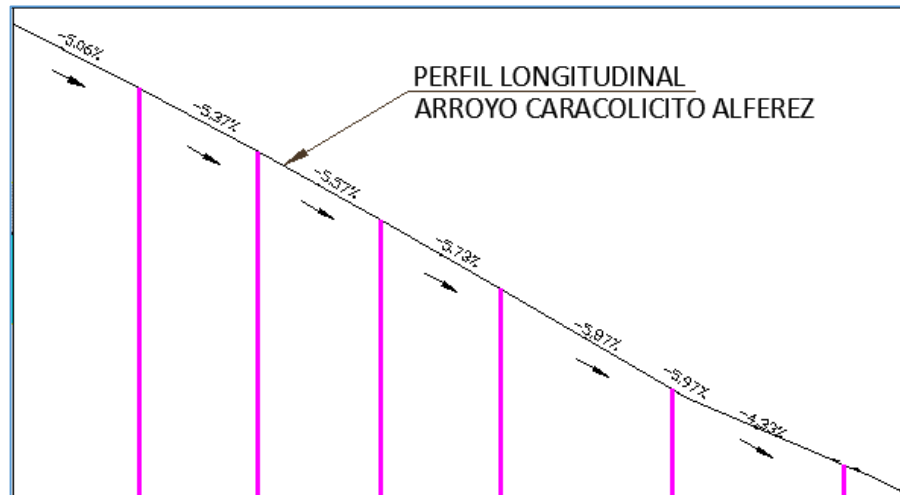
Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

El arroyo San Jacinto nace sobre los 428 msnm y desciende hasta los 50 msnm a su llegada al Arroyo Caracolicito – Alférez después de un recorrido de 37 km. El municipio de San Jacinto se encuentra en la cuenca alta del cauce entre las abscisas 7 y 10 km y su área aferente directa hasta el municipio es de 58.45 km².

10.1.1.7 PENDIENTE HIDRÁULICA ESTIMADA.

La pendiente hidráulica estimada corresponde al promedio de los segmentos del eje longitudinal de los arroyos Caracolicito – Alférez y San Jacinto, como ejemplo se ilustra a continuación algunos segmentos de un tramo del perfil longitudinal del arroyo Caracolicito – Alférez.

Figura 10. Pendiente Estimada por Segmentos Arroyo Caracolcito – Alfez.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

La pendiente estimada del Arroyo Caracolcito – Alfez se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4. Pendiente Hidráulica estimada – Arroyo Caracolcito – Alfez.

Longitud (km)		Pendiente Media (%)	Pendiente Minima (%)	Pendiente Maxima (%)
0	5	4.05	0.01	36.95
5	61	1.37	0.01	35.46

Fuente: Propia de los autores.

Para el caso del Arroyo San Jacinto la pendiente se estimó para los primeros 10 km del cauce, hasta el municipio de San Jacinto, en este tramo las pendientes más significativas se encuentran en los primeros 1500 m (1.5 km) y la máxima es de 46.69%.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Tabla 5. Pendiente Hidráulica estimada – Arroyo San Jacinto.

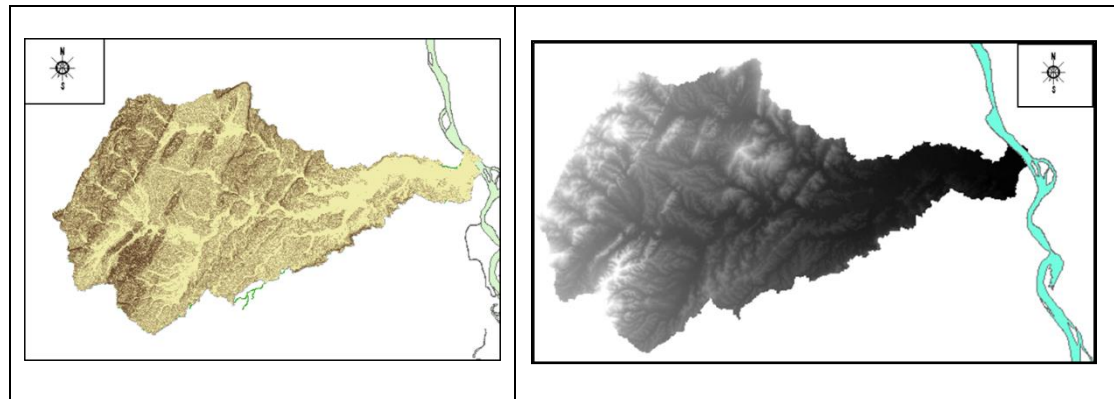
Longitud (km)		Pendiente Media (%)	Pendiente Minima (%)	Pendiente Maxima (%)
0	10	2.73	0.01	49.69
10	37	0.88	0.01	22.87

Fuente: Propia de los autores.

10.1.1.8 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Para la estimación de la pendiente media se utilizó el algoritmo de pendiente de la herramienta Spatial Analysts Tools de ArcGIS, para cada celda la herramienta Slope calcula la tasa máxima de cambio del valor de esa celda a sus celdas vecinas, el promedio obtenido para la cuenca fue de 1.31 %.

Figura 11. Pendiente Media de la Cuenca.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

10.1.1.9 COEFICIENTE DE MASIVIDAD

Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie:

Ecuación 2 Coeficiente de masividad.

$$cm = \frac{Em}{A}$$

Donde:

Em: Elevación media de la cuenca (m).

A: Área de la cuenca en km².

El valor obtenido para este coeficiente fue de 0.31 que de acuerdo con la siguiente tabla lo ubica en muy montañosa.

Tabla 6. Clases de Valores de Masividad.


Rangos de cm	Clases de masividad
0 - 35	Muy Montañosa
35 - 70	Montañosa
70 - 105	Moderadamente Montañosa

Fuente: Campos 2000

10.1.1.10 FACTOR FORMA

Para determinar la forma de una cuenca se utilizan varios índices asociados a la relación área-perímetro. Siendo los más comunes el Índice o coeficiente de compacidad (Kc) y el Factor de forma (Kf)

Para medir la forma de la cuenca se tomó como referencia la relación de forma de Horton, el cual viene expresado por:

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Ecuación 3 Factor forma de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{la^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca en km².

la: Longitud Axial expresada en km, es la distancia entre el punto de cierre o desagüe y el punto más alejado de la cuenca siguiendo la dirección del drenaje o cauce principal de la zona.

La forma incide en el tiempo de respuesta de la cuenca, es decir, al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje, y, por consiguiente, a la forma del hidrograma resultante de una lluvia dada.

Esta relación establece la forma del hidrograma de salida en la cuenca, el valor obtenido fue 0.21 (ni alargada ni ensanchada).

Tabla 7. Factor Forma – Horton.

Valores Aproximados		Forma de la cuenca
	>0.22	Muy Alargada
0.00	0.30	Alargada
0.30	0.37	Ligeramente Alargada
0.37	0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45	0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60	0.80	Ensanchada
0.80	1.20	Muy Ensanchada
	>1.20	Redondeado

Fuente: 10 CARVAJAL ESCOBAR, Yesid, BARROSO, Fabián Ulises, REYES TRUJILLO, Aldemar. Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas Universidad Del Valle, 2010. P. 35).

Una cuenca con factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que otras del mismo tamaño, $F < 1$: Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

PARAMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRAFICA

10.1.1.11 NÚMERO DE ORDEN DE LA RED HÍDRICA

Este número refleja el grado de ramificación de la red de drenaje, la clasificación de los cauces en la cuenca se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Cauces de primer orden son aquellos que no tienen tributarios
- 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.

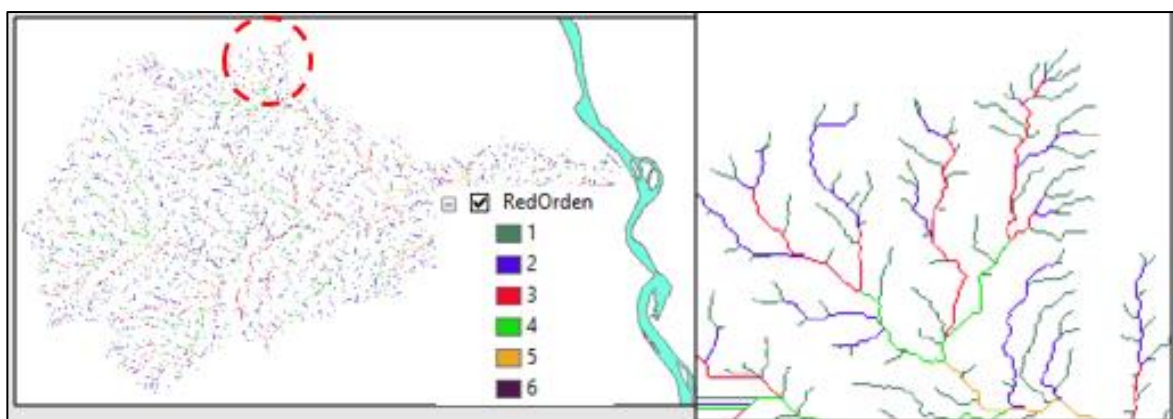
El resultado de acuerdo con Ine 2004 es medio según se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 8. Clases orden de corriente – Ine 2004.


Rango	Clase	Clase
1	2	Bajo
2.1	4	Medio
4.1	6	Alto

Fuente:

Figura 12. Clase de orden de Corriente.



Fuente: Propia de los autores ArcGIS Server 10.5.1

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

La clasificación que se obtuvo muestra que los cauces de 6to orden son los más bajos ya que tienen una longitud de 54.65 km, mientras los de 1er orden tienen mayor presencia con una longitud de 840.53 km, la extensión total de la red hídrica es 1684.07 km. Lo más representativo del resultado según se observa en la imagen es la presencia de una red densa en la parte alta y media de la cuenca, lo que se refleja en el tiempo de respuesta cuando se trata de evacuar los excesos de agua tras el paso de una lluvia intensa.

Tabla 9. Longitud Número de Orden Red de Drenaje.

Numero de Orden	Longitud (km)
1	840.53
2	417.75
3	228.40
4	97.43
5	45.31
6	54.65
Total	1684.07

Fuente: Propia de los autores.

10.1.1.12 DENSIDAD DE DRENAJE

HORTON (1945) Definió la densidad de drenaje en una cuenca como el cociente entre la longitud total de la red de drenaje y la superficie de la cuenca:

Ecuación 4 Densidad de drenaje en una cuenca

$$D = \frac{\sum \text{Long}}{A}$$

Donde:

D = Densidad de drenaje.

\sum Long = longitud total de la red hídrica (km).

A = área de la cuenca (km²)

Este parámetro refleja la dinámica de la cuenca frente al paso de una lluvia intensa, condicionando además el hidrograma resultante.

El resultado de aplicar la fórmula de Horton indica que la densidad en la cuenca es de 2.32, lo cual de acuerdo con Delgadillo y Páez 2008 ubica la zona en categoría moderada, esto significa que la cuenca tiene una respuesta lenta.

Tabla 10. Densidad de Drenaje -Delgadillo y Paez 2008.

Densidad (km/km ²)		Categoría
	<1	Baja
1	2	Moderada
2	3	Alta
	>3	Muy Alta

Fuente: Campos 2000

10.1.2 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Esta variable es de vital importancia como herramienta de análisis para estimar el tránsito teórico de una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta el cierre de esta.


Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizaron diferentes formulaciones que requieren como insumo cotas y distancias.

Entre las metodologías empleadas para el cálculo del tiempo de concentración las más representativas son las que se enuncian a continuación:

Método de Kirpich

Ecuación 5 Método de Kirpich

$$T_c = \frac{0.00032 \times L^{0.77}}{S_c^{0.385}}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

En donde,

T_c : es el tiempo de concentración en horas.

L : es la longitud de corriente desde el punto más alejado al punto de control, en m.

S_c : es la pendiente promedio de la cuenca, adimensional (m/m)

Método de Hathaway

Ecuación 6 Método de Hathaway

$$T_c = \frac{36.36 (L n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

En donde,

L : es la longitud de la corriente en km

n : es el factor de rugosidad (adimensional leído de Tabla 7.4, Ref. 1, 0.45 correspondiente a tipo de superficie promedio de pastos y bosques maderables con predominio de los primeros)

S : es la pendiente promedio de la cuenca, adimensional (m/m)

Ecuación de retardo (Lag) SCS


Ecuación 7 Ecuación de retardo

$$T_c = \frac{100 L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 S_c^{0.5}}$$

En donde,

L : es la longitud de corriente en pies

CN : es el número CN de la cuenca estimado según el método del SCS

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Método de la velocidad del SCS

Ecuación 8 Método de la velocidad del SCS.

$$T_c = \frac{\sum L_i}{\sum V_i} \cdot \frac{1}{60}$$

En donde,

$\sum L_i$: es la sumatoria de las longitudes del cauce i

$\sum V_i$: es la velocidad promedio del flujo en la cuenca, la velocidad es tomada de una Tabla (5.7,1 - Ven te Chow) que pondera la velocidad del flujo en términos de la pendiente y la cobertura del suelo.

Método de George Rivero

Ecuación 9 Método de George Rivero

$$T_c = \frac{16 L}{(1.05 - 0.2P)(100 S)^{0.04}}$$


En donde,

L: es la longitud de la corriente en km

P: es la relación área cubierta de vegetación/ área total de la cuenca, 0.99

S: es la pendiente promedio de la cuenca, adimensional (m/m).

Los resultados de la utilización de las metodologías aplicadas muestran que el tiempo de transito de una onda de creciente del Arroyo Caracolcito Alférez hasta los 61 km teóricamente es de 13 horas, mientras para el Arroyo San Jacinto

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

transitando 10 km es de 3 horas, los resultados se encuentran registrados a continuación en la tabla No.11:


Tabla 11. Estimación Tiempos de concentración.

CUENCA			
CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION			
Longitud Total Arroyo Caracolcito Alférez 61 km			
Morfometría básica			
Area (km ²)		725	
Longitud cauce : L (m) =		61009	200 160 Pies
Cota + baja (msnm) =		10	33 Pies
Cota + alta (msnm) =		450	1 476 Pies
Pendiente prom: S (m/m) =		0.0072	
METODO		TIEMPO DE CONCENTRACION t_c	
		min	hr
Kirpich		629	10.49
	n =	0.50	
Hathaway		569	9.48
	V (pie/s) =	1.10	
Velocidad del SCS		924	
	C =	0.40	15.41
FWAA		629	10.48
	P =	0.98	
George Rivero		1158	19.30
PROMEDIO		782 min	41.83
ADOPTADO		800 min	
TIEMPO EN HORAS		13	



CUENCA			
CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION			
Longitud Parcial Arroyo San Jacinto 10 km			
Morfometría básica			
Area (km ²)		58	
Longitud cauce : L (m) =		10000	32 808 Pies
Cota + baja (msnm) =		239.98	787 Pies
Cota + alta (msnm) =		428.22	1 405 Pies
Pendiente prom: S (m/m) =		0.0188	
METODO		TIEMPO DE CONCENTRACION t _c	
		min	hr
Kirpich		108	1.80
n =		0.50	
Hathaway		195	3.26
CN =		72	
SCS Lag		478	7.96
V (pie/s) =		1.10	
Velocidad del SCS		152	2.53
C =		0.40	
FWAA		185	3.08
P =		0.98	
George Rivero		183	3.04
PROMEDIO		164 min	3.35
ADOPTADO		170 min	
TIEMPO EN HORAS		3	

Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

10.1.3 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DISPONIBLES

Teniendo en cuenta la delimitación de la cuenca alta del arroyo Caracolí – Alférez, mencionada en el numeral 10.1.1.1, se identifican las estaciones hidrometeorológicas disponibles para la zona de estudio. En la Figura 13, se puede apreciar la subzona hidrográfica Directos al Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (mi) (Código 2901), con un área de 2012 Km², el municipio de San Jacinto (línea roja), la cuenca delimitada (polígono color salmón) y las estaciones meteorológicas (puntos morados) e hidrológicas (triángulos fucsias). En dicha figura, se evidencia que solamente dos estaciones meteorológicas se encuentran dentro de la cuenca delimitada (Carmen de Bolívar y Canonegro HDA), pero alejadas del municipio de San Jacinto. Lo anterior, es una dificultad para realizar un análisis local de la climatología de este municipio, pero se puede tener idea del comportamiento climático con las estaciones cercanas.


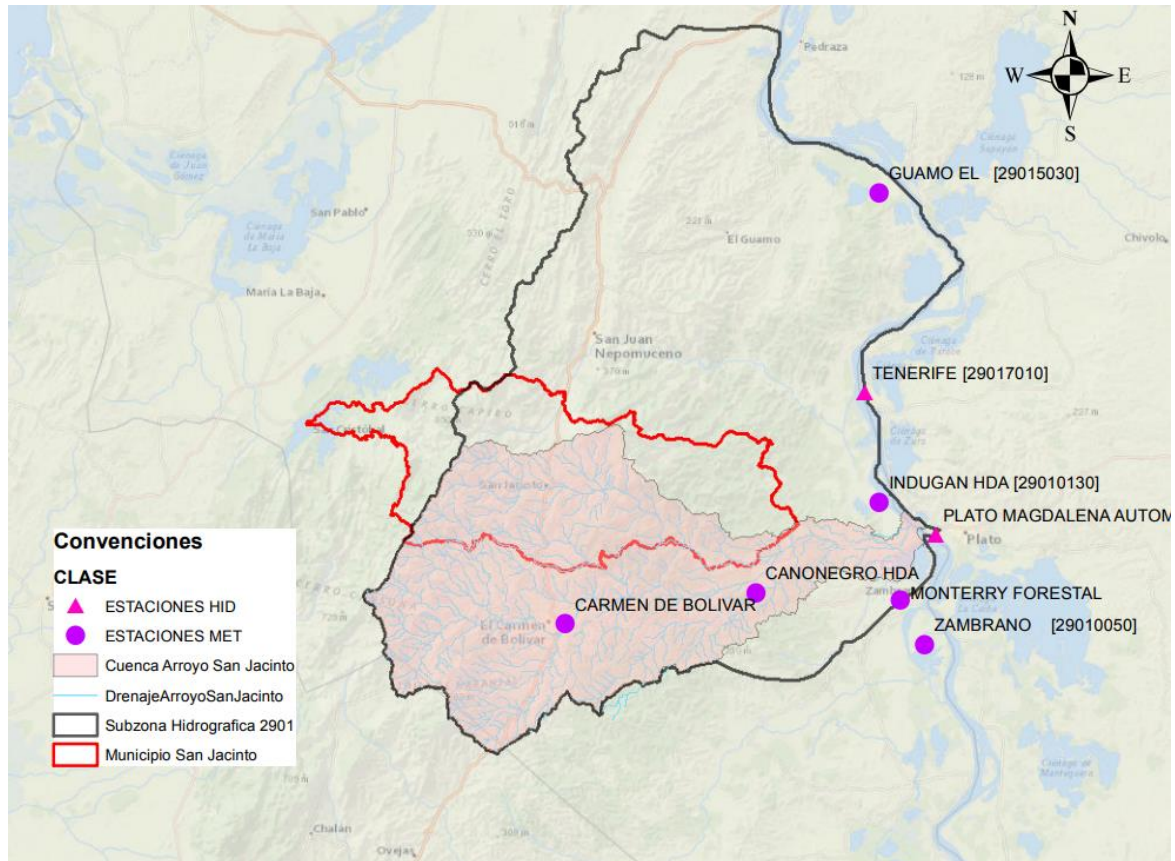
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Figura 13. Ubicación de la Cuenca alta del arroyo Caracolí – Alferez.



Fuente: Raster *Google Earth* 7.3.1.4507.

A continuación, se muestran las especificaciones de las estaciones hidrológicas disponibles en la zona de estudio y cercana a esta:


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLÍVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---


Tabla 12. Estaciones Hidrológicas disponibles en la Zona de estudio y Cercanas.

CODIGO CAT.	NOMBRE	CLASE	CATEG.	CORRIENTE	DEPTO	MPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
29010050	ZAMBRANO [29010050]	MET	PM	MAGDALENA	BOLÍVAR	ZAMBRANO	9.69944444	-74.8155556	15
29010120	CANONEGR O HDA	MET	PM	AY MANCOMOJAN	BOLÍVAR	ZAMBRANO	9.74111111	-74.9522222	80
29010130	INDUGAN HDA [29010130]	MET	PM	MAGDALENA	BOLÍVAR	ZAMBRANO	9.81444444	-74.8522222	20
29015020	CARMEN DE BOLIVAR	MET	AM	AY ALFEREZ	BOLÍVAR	EL CARMEN DE BOLÍVAR	9.71575	-75.1064167	152
29015030	GUAMO EL [29015030]	MET	CO	AY GUAMO	BOLÍVAR	EL GUAMO	10.0644444	-74.8522222	75
29017010	TENERIFE [29017010]	HID	LM	MAGDALENA	MAGDAL ENA	TENERIFE	9.90347222	-74.8640833	13
25025020	MONTERRY FORESTAL	MET	CP	MAGDALENA	BOLÍVAR	ZAMBRANO	9.735278	-74.835	25
25027450	PLATO MAGDALEN A AUTOM	HID	HA	MAGDALENA	MAGDAL ENA	PLATO	9.788428	-74.806714	16

Fuente: Propia de los autores.

Como se observa en la Figura 13 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, solamente se tienen dos estaciones hidrológicas de las 8 estaciones cercanas, es decir que los seis restantes corresponden a estaciones meteorológicas. De igual forma es evidente que las estaciones hidrológicas no se localizan dentro de la cuenca delimitada.

De las estaciones mencionadas, se identificó el periodo de datos con información, rellenando los vacíos de información con los promedios de la serie más larga para algunos meses de algunos años, con el fin de no afectar la estadística de los datos de las estaciones disponibles. En algunos casos simplemente se omiten los años con menos de siete meses. En la Tabla 12 y Tabla 13, se muestran los años con información disponible, para cada variable correspondiente. Cabe aclarar que para las estaciones: Canonegro HDA se excluyen los años 2002 y 2012; Carmen de

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Bolívar los años 1936, 1937, 1942 a 1952, 1953, 1960, 1967, 1983 y 2004 de la variable precipitación y los años 1957, 1966, 1967 y 2010 de la variable temperatura; Terenife los años 2013 y 2014 para la variable de niveles; y la estación Plato Magdalena Automática no se tiene en cuenta el año 1992.

Tabla 13. Años con Información para las Estaciones Meteorológicas.

CODIGO CAT.	NOMBRE	CLASE	CATEG.	PRECIPITACIÓN	
				Fecha Inicio	Fecha Fin
29010050	ZAMBRANO [29010050]	MET	PM	1958	2001
29010120	CANONEGRO HDA	MET	PM	1974	2015
29010130	INDUGAN HDA [29010130]	MET	PM	1974	2015
29015020	CARMEN DE BOLIVAR	MET	AM	1931	2016
29015030	GUAMO EL [29015030]	MET	CO	1977	2016
25025020	MONTERRY FORESTAL	MET	CP	1990	2017

CODIGO CAT.	NOMBRE	CLASE	CATEG.	TEMPERATURAS	
				Fecha Inicio	Fecha Fin
29015020	CARMEN DE BOLIVAR	MET	AM	1955	2016
29015030	GUAMO EL [29015030]	MET	CO	1975	2016
25025020	MONTERRY FORESTAL	MET	CP	1990	2017

Fuente: Propia de los autores.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tabla 14. Años con Información para las Estaciones Hidrológicas.

				CAUDALES	
CODIGO CAT.	NOMBRE	CLASE	CATEG.	Fecha Inicio	Fecha Fin
29017010	TENERIFE [29017010]	HID	LM	1974	1986

				NIVELES	
CODIGO CAT.	NOMBRE	CLASE	CATEG.	Fecha Inicio	Fecha Fin
29017010	TENERIFE [29017010]	HID	LM	1974	2015
25027450	PLATO MAGDALENA AUTOM	HID	HA	1976	2015

Fuente: Propia de los autores Microsoft Excel 2016 16.0.6741.2048.


10.1.4 CLIMATOLOGÍA

El clima que se da en el territorio de San Jacinto es un clima tropical influenciado por los vientos alisios que soplan durante el primer semestre del año, con lluvias regulares entre los meses de abril, Julio, septiembre y noviembre, la humedad relativa es de 75% y la temperatura promedio es de 27° C.²²

En Figura 14, se observan las gráficas de la distribución mensual de los valores medios mensuales multianuales de las estaciones cercanas al área de estudio. El patrón que se observan en las estaciones es un comportamiento bimodal, donde el primer periodo lluvioso se presenta entre abril y junio, y en algunos casos hasta julio, como es el caso de las estaciones Indagan HDA y El Guamo. El segundo periodo lluvioso ocurre desde agosto hasta inicios de noviembre.

Para la estación Zambrano las mayores precipitaciones se presentan en los meses de mayo y octubre con valores medios de 125.5 mm y 140.9 mm, respectivamente,

²² ALCALDÍA DE SAN JACINTO - BOLÍVAR [EN LÍNEA]. < [HTTP://WWW.SANJACINTO-BOLIVAR.GOV.CO/](http://www.sanjacinto-bolivar.gov.co/) > [2018].

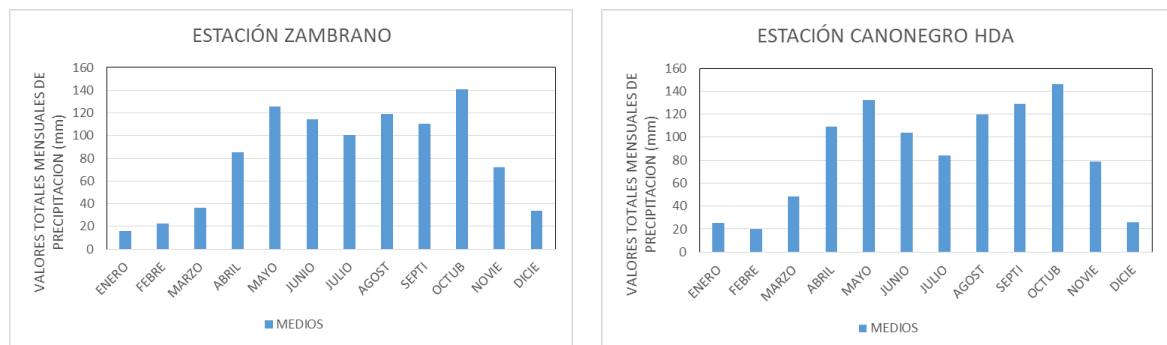
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

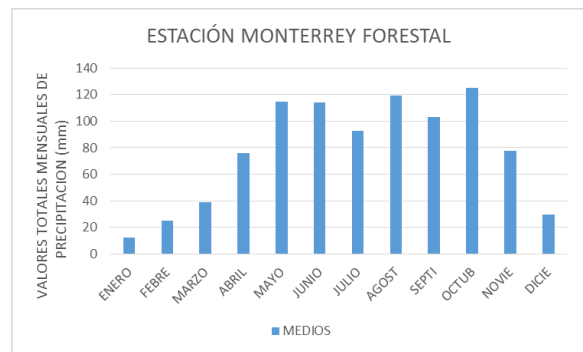
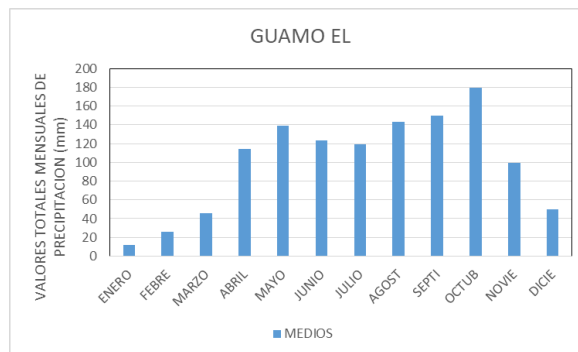
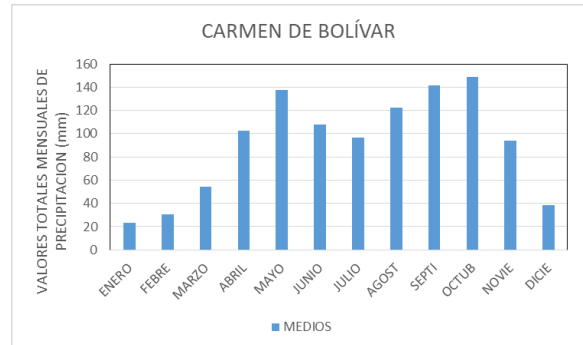
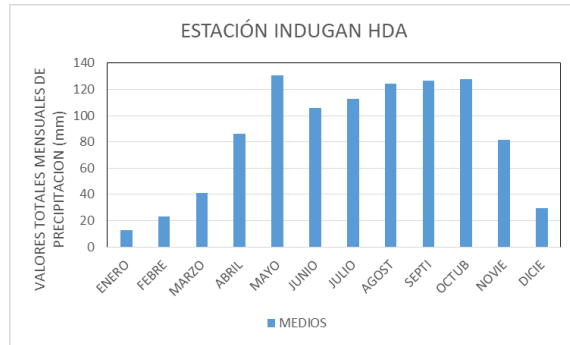
con una precipitación media anual de 977.4 mm. Las precipitaciones medias más altas igualmente se presentan en los meses de mayo y octubre con valores de 132.1 mm y 146.2 mm para la estación Canonegro HDA; 130.8 mm y 127.9 mm; para la estación Indugan HDA; y 137.7 mm y 149.1 mm, para la estación Carmen de Bolívar. Los valores anuales son 1023.5 mm, 1004.4 mm y 1009 mm, para cada estación mencionada.

La estación El Guamo, presenta una mayor precipitación en el mes de octubre (179.4 mm), seguido del mes de septiembre (149.9 mm), su valor anual es de 1200.3 mm.

Las precipitaciones medias más altas, para la estación Monterrey Forestal, ocurren en los meses de octubre (125.3 mm) y agosto (119.4 mm), cuyo valor anual es de 929.6 mm.

Figura 14. Distribución Temporal de la Precipitación Media Mensual Multianual.



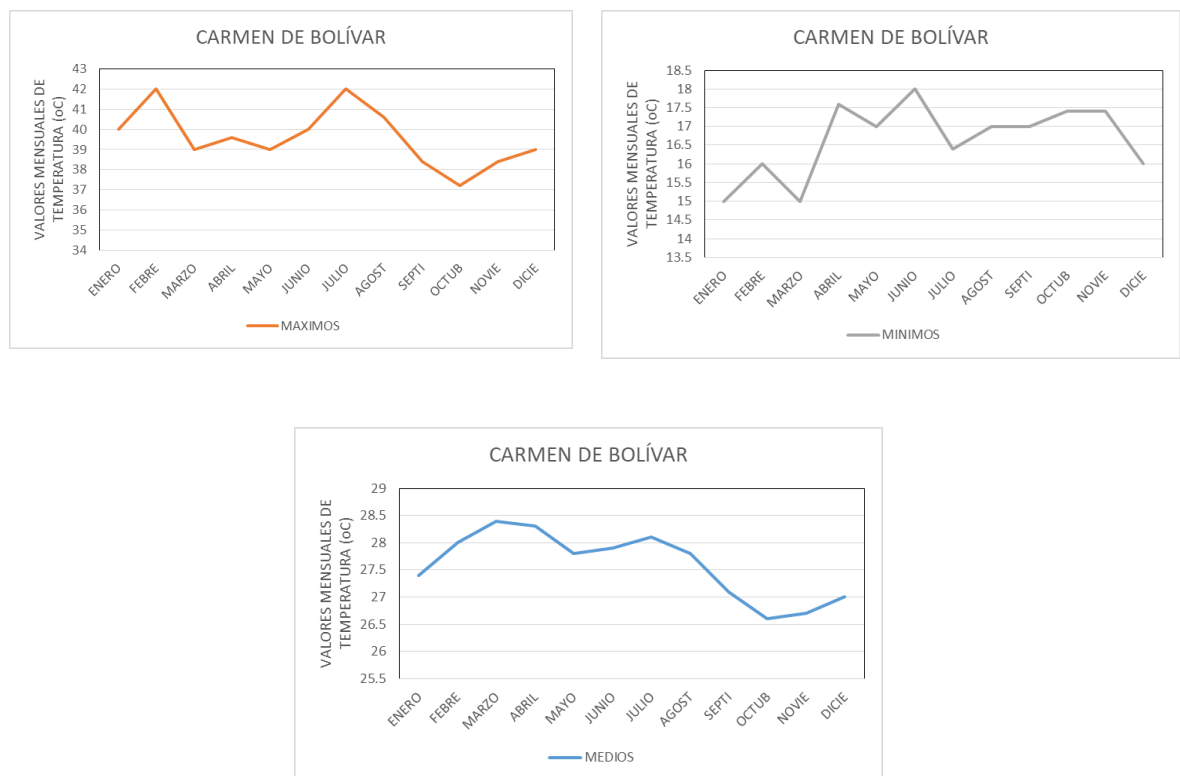


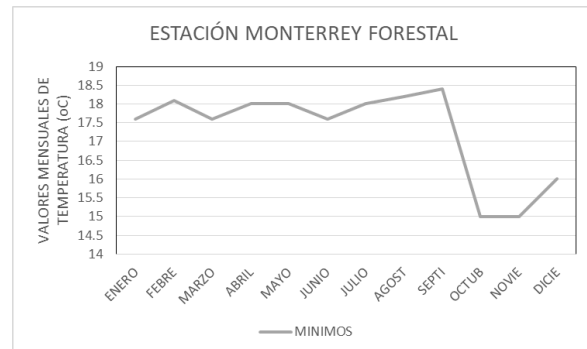
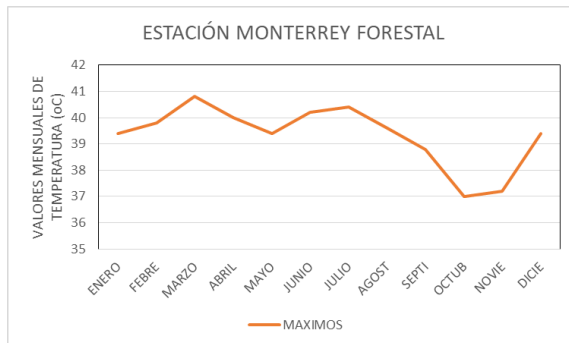
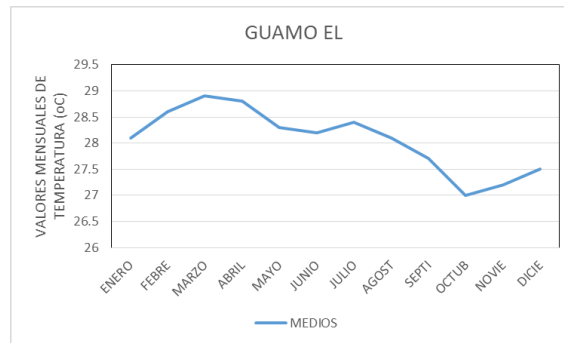
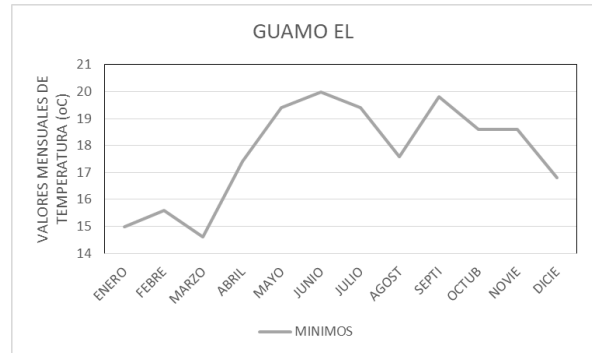
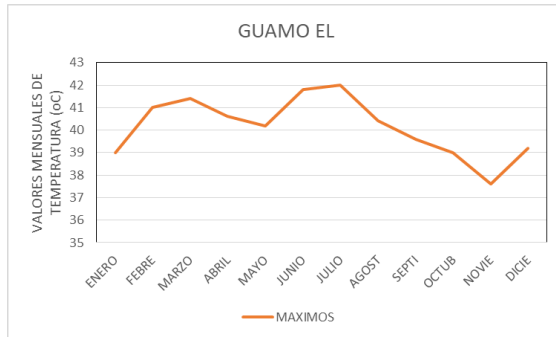
Fuente: Propia de los autores.


En la Figura 15, se muestran las gráficas de la distribución mensual de los valores máximos, medios y mínimos mensuales multianuales de las estaciones aledañas a la zona de estudio. El comportamiento de la temperatura media mensual multianual (línea azul), es bimodal, ya que se observa un incremento en las temperaturas en el periodo febrero – abril y luego en el periodo junio – agosto, mientras que en el periodo septiembre – noviembre se presentan las temperaturas más bajas. Las temperaturas máximas (línea naranja) más altas se dan generalmente en los meses de febrero y julio. Las temperaturas mínimas (línea gris) más bajas se dan en los meses de enero y marzo, excepto para la estación Monterrey Forestal que se presenta en los meses de octubre y noviembre.

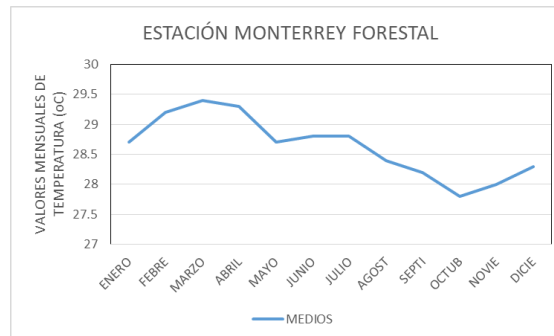


Figura 15. Distribución Temporal de la Temperatura máxima, media y mínima mensual multianual.





 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---



Fuente: Propia de los autores.

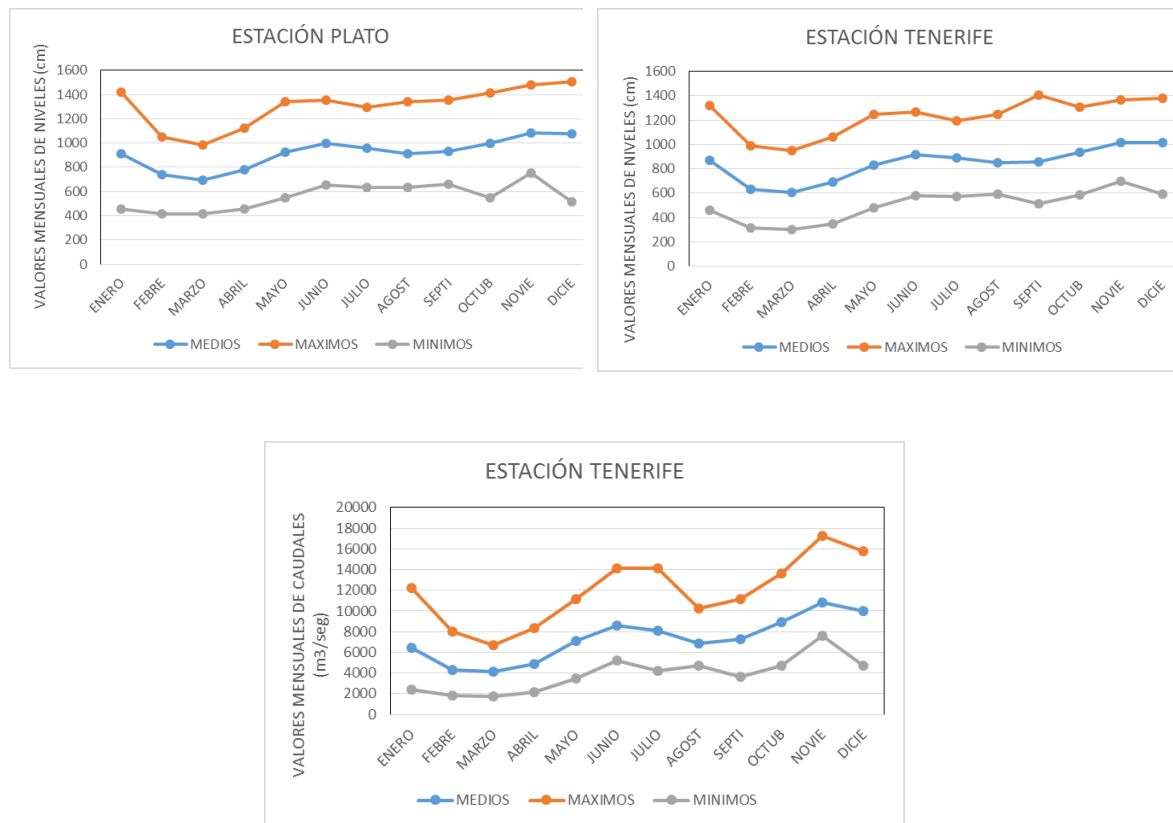
Para la estación del Carmen de Bolívar, las temperaturas medias mensuales multianuales más altas varían entre 27 y 28.5°C, la mayor temperatura máxima es de 42°C (meses de febrero y julio) y la mínima es de 15°C (enero y marzo). La estación Guamo El, presenta las mayores temperaturas medias con valores entre 28 y 29°C, con una temperatura máxima de 42°C (en el mes de julio) y una mínima de 14.6°C (en marzo). Finalmente, la estación Monterrey Forestal, temperaturas medias importantes que varían entre 28.4 y 29.4°C, temperaturas máximas y mínimas de 40.8°C (en marzo) y 15°C (en octubre y noviembre).

Ya que los niveles y caudales están relacionados con las precipitaciones, es importante hacer referencia a las dos estaciones hidrológicas disponibles. En la Figura 16, se muestran los valores mensuales multianuales de niveles y caudales máximos, medios y mínimos. De ésta se evidencia que los niveles tienden a aumentar progresivamente desde el mes de abril hasta diciembre, y empieza desde enero a marzo, es decir el periodo con niveles bajos. Cabe aclarar que la estación Tenerife es la única que tiene información de caudales, pero solo tiene datos hasta el año 1986 (Tabla 13), lo cual no puede ser comparada con los niveles de dicha estación ya que tienen un periodo de registro más largo, recomendando interpretar con cautela la gráfica de caudales.

Para la estación Plato presenta un nivel medio anual de 9.18 m, máximo y mínimo anual de 15.08 m y 4.14 m, respectivamente. De forma similar, la estación presenta un nivel medio anual de 8.42 m, nivel máximo de 14.04 m y mínimo de 3.02 m,

aunque para esta estación se debe mencionar que en julio de 2012 se registró un evento de sequía.

Figura 16. Valores Máximos, medios y mínimos mensual multianual de Niveles y Caudales.




Fuente: Propia de los autores.

10.1.5 EVAPOTRASNPIRACIÓN

Pretendiendo obtener un panorama hidrológico real se establece el evalúo de la evapotranspiración potencial por la fórmula de Hargreaves y Thornthwaite. Con el fin de determinar la perdida de agua de precipitación a causa de este fenómeno.

Ecuación 10. Fórmula simplificada de Hargreaves.

$$ET_o: 0.0023(t_{med} + 17.78) * R_o * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Donde ET_o : Evapotranspiración potencial diaria (mm/día).

t_{med} : Temperatura media diaria (°C).

R_o : Radiación solar extraterrestre (mm/día) (tabulada Anexo 2)

t_{max} : Temperatuar diaria máxima.

t_{min} : Temperatura diaria minima.

Ecuación 11. Fórmula Thornthwaite.

$ETPo: e * L$ donde $ETPo$: Evapotranspiración corregida (mm/mes).

e : Evapotranspiración sin ajustar en mm.

L : Factor de corrección.


$L_i: \left(\frac{Ndi}{30}\right) * \left(\frac{Ni}{12}\right)$ donde L_i : Factor de corrección.

Ndi : Número de días del mes.

Ni : Horas de sol.

$e: 16 * \left(\frac{10 * t_m}{I}\right)^a$ donde e : Evapotranspiración sin ajustar.

t_m : Temperatura media mensual (°C).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

I: Índice de calor anual.

$$I = \sum ij ; j = 1, \dots, 12$$

$$ij: \left(\frac{tm}{5}\right)^{1.514}$$

$$a: 0.000000675 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239$$

Debido a la similitud de sus cotas de nivel con respecto a la altura del municipio Se toman como insumo las temperaturas medias mensuales de la estación Carmen de Bolívar, mostrados en la tabla 15 para la valoración de la evapotranspiración, se llenaron los espacios donde no se tienen datos con SD para el correcto procesamiento de estos.


Tabla 15. Datos Mensuales de temperatura media en 24 Hrs (°C), estación Carmen de Bolívar.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	Mínimo	Media
1990	27.3	27.2	28.1	28.3	28.4	28.4	27.5	27.7	27	26.4	26.8	26.7	28.40	26.4	27.48
1991	27.4	28.2	28	28.1	27.9	27.9	28	28.3	27.9	26.6	27.1	27.2	28.30	26.6	27.72
1992	27.2	27.9	28.4	27.7	27.3	28.2	27.4	27.1	26.2	26.3	25.9	26.7	28.40	25.9	27.19
1993	27.1	27.4	28.1	27.6	26.6	27.7	28	28	26.4	26.3	26.1	26.6	28.10	26.1	27.16
1994	26.2	27	27.5	27.8	27.2	27.5	27.5	27.1	27	25.9	26	26.8	27.80	25.9	26.96
1995	27.4	27.9	28.3	28.1	27.2	27.8	27.5	26.1	26.8	26	26.7	27	28.30	26	27.23
1996	27.4	28.1	27.6	27.6	26.9	27.1	27.3	27.2	27.1	26.9	26.6	27	28.10	26.6	27.23
1997	26.8	27.9	28.6	28.4	28.8	27.8	29.4	29.3	27.7	27.8	27.5	28	29.40	26.8	28.17
1998	28.4	28.8	29.3	29.3	28.3	28.2	27.7	27.8	26.8	26.6	26.5	26.5	29.30	26.5	27.85
1999	26.6	26.8	27.3	27.7	27.1	26.5	27.6	27	26.1	25.4	SD	SD	27.70	25.4	22.34
2000	26.4	27.5	27.5	27.4	27.2	27.6	27.7	27.6	26	26.5	26.6	27.3	27.70	26	27.11
2001	27.4	28	28	28.6	28.3	28.7	28.6	28.8	27.4	27.1	26.6	27.3	28.80	26.6	27.90
2002	27.4	28.6	29	28.2	28.7	28.1	28.4	28.2	27	27	27.1	27.6	29.00	27	27.94
2003	28.3	28.8	28.6	28	28.3	27.6	27.5	27.4	27.3	26.3	26.7	26.8	28.80	26.3	27.63
2004	26.7	28.3	27.9	28.5	28.1	28.8	SD	SD	SD	SD	27.1	27.4	28.80	26.7	18.57
2005	27.8	SD	28.9	28.6	28	28	28.5	27.7	SD	SD	SD	SD	28.90	27.7	16.46
2006	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	27.5	27.4	26.9	28	28.00	26.9	9.15
2007	28.3	28	28.7	27.9	27.2	28.2	28.1	27.2	27.5	26.2	26.9	27	28.70	26.2	27.60
2008	27.4	27.5	27.5	27.9	27.4	28	27.7	27.3	27.2	27.1	26.7	27	28.00	26.7	27.39
2009	27.6	28	27.9	28.2	27.5	27.5	28.6	28.4	28.4	27.4	27.6	SD	28.60	27.4	25.59
2011	28	28.5	29.3	27.8	SD	29.4	SD	28.2	SD	SD	SD	SD	29.40	27.8	14.27
2012	28.8	29.2	29.6	29.2	28.5	29.2	29.3	28.2	SD	SD	SD	SD	29.60	28.2	19.33
2013	28.7	29	29.4	30	29	30.2	31.3	29	28.2	27.4	28	28.4	31.30	27.4	29.05
2014	29.1	29.7	29.9	29.7	29.7	30.6	30.2	29.2	28.7	28	SD	SD	30.60	28	24.57
2015	SD	SD	SD	SD	SD	29.2	29.1	29.1	28.7	27.5	27.5	28.2	29.20	27.5	16.61

Fuente: Propia de los autores.

De los valores de temperaturas medias se determinan las temperaturas medias, máximas y mínimas por cada mes. (Tabla 16).

Tabla 16. Valores medios, máximos y mínimos mensuales. Estación Carmen de Bolívar.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MEDIOS	25.42	24.83	26.16	26.06	24.65	27.16	25.03	25.74	23.08	22.64	20.65	19.90
MAXIMOS	29.1	29.7	29.9	30	29.7	30.6	31.3	29.3	28.7	28	28	28.4
MINIMOS	26.2	26.8	26.7	27	26.6	26.5	27.3	26.1	26	25.4	25.9	26.5

Fuente: Propia de los autores.

Con los valores anteriores se procede a calcular la evapotranspiración por el método de Hargreaves para el mes de enero, el parámetro de radiación solar extraterrestre “Ro” es tomado de la tabulación mostrada en el Anexo 4 teniendo en cuenta que la ubicación del municipio se encuentra en el hemisferio norte y su latitud es de 10°, determinando un Ro de 13.0 *mm/día*.

Hargreaves:

$$ETP(\text{enero}): 0.0023(t_{med} + 17.78) * Ro * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

$$ETP(\text{enero}) = 0.0023(25.42 + 17.78) * 13.0 * (29.1 - 26.2)^{0.5}$$

$$ETP(\text{enero}) = 2.20 \text{ mm/día} \cong \mathbf{68.19 \text{ mm/mes}}$$

Thornthwaite:

$$1) \text{ indice de calor mensual } i(\text{enero}): \left(\frac{tm}{5}\right)^{1.514}$$


$$i(\text{enero}) = \left(\frac{25.42}{5}\right)^{1.514} = 11.73$$

2) Se suman los índices de calor mensual de la misma forma (tabla 17).

Tabla 17. Índices de calor mensual.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
i	11.73	11.32	12.25	12.18	11.20	12.96	11.45	11.95	10.14	9.84	8.56	8.10

Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Sumando los índices de calor mensual se obtiene un índice de calor anual de **131.67**

3) Se calcula el parámetro “a” en función de “I”:

$$a: 0.000000675 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239$$

$$a = 0.000000675 * 131.67^3 - 0.0000771 * 131.67^2 + 0.01792 * 131.67 + 0.49239$$

$$a = \mathbf{3.06}$$

4) Con los parámetros ya calculados se determina la evapotranspiración sin corregir:

$$e: 16 * \left(\frac{10 * tm}{I} \right)^a$$

$$e = 16 * \left(\frac{10 * 25.42}{131.67} \right)^{3.06} = \mathbf{119.4}$$

5) Para el mes de enero se tienen 31 días y número de horas luz es de 12 horas, con el fin de establecer el factor de corrección:

$$Li: \left(\frac{Ndi}{30} \right) * \left(\frac{Ni}{12} \right)$$

$$Li = \left(\frac{31}{30} \right) * \left(\frac{12}{12} \right) = \mathbf{1.03}$$


6) Se procede a calcular la evapotranspiración corregida y definitiva para el mes de enero:

$$ETPo: e * L$$

$$ETPo = 119.4 * 1.03$$

$$ETPo: \mathbf{123.43 \text{ mm/mes}}$$

Para dar mayor seguridad se promedian ambos resultados hallados

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

$$ETP(enero) = \frac{ETPo(Hargreaves) + ETPo(Thornthwaite)}{2}$$

$$ETP(enero) = \frac{68.29 + 123.43}{2}$$

$$ETP(enero) = 95.81 \text{ mm/mes}$$

Se realizó el mismo procedimiento con todos los meses obteniendo los valores de evapotranspiración potencial promediado para cada uno (Tabla 18).


Tabla 18. ETP promediada por mes.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Prom ETP (mm/mes)	95.81	84.86	112.48	105.06	96.96	120.51	107.39	106.61	79.47	76.54	57.01	50.31

Fuente: Propia de los autores.

Se utilizaron los datos de precipitación media mensual de la misma estación (tabla 19) para relacionar los niveles de precipitación y evapotranspiración con la idea conocer el déficit de agua en el tiempo.

Tabla 19. Datos Mensuales de Precipitación en 24 Hrs (mm).

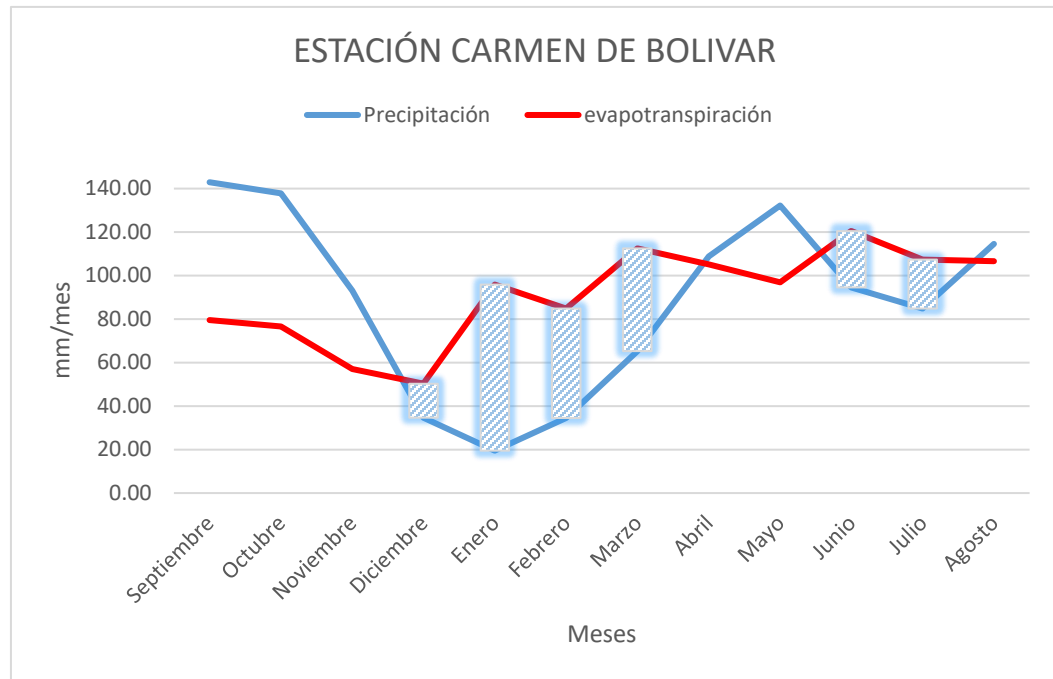
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	34.5	33.2	75.6	87.1	76.4	104.6	89.5	99	102.4	199.2	119.7	57.3
1991	20	20.8	130.5	76.4	96.4	94.7	114.7	86.9	127.6	148.1	87.2	9
1992	18.3	13	0.6	142.2	86.6	107.6	131.9	208.4	186.4	131.1	144.4	53.6
1993	7	36.5	94.3	89.5	153.1	82.2	39.5	57.6	188.3	151.5	58.9	78
1994	63.8	21.8	37.3	146.2	232.6	55.7	67.4	78.4	147	87.4	129.5	30
1995	26.1	0	40.9	141.6	132.9	81.4	109	264.1	92.9	169.8	32.2	34.3
1996	10.7	16.1	128.7	102.1	179.5	59.5	136.8	118.8	76.4	101.9	51.3	35.9
1997	18.6	103.5	6.1	133	153.1	145.4	70.5	59.3	185.5	65.6	91.6	3.3
1998	3.4	14.2	15.5	117.6	252.9	98	69	122.2	211.5	95.4	159.9	39.4
1999	70.3	178.8	71.7	173.8	99	148.8	50.6	85.2	181.3	120.6	SD	SD
2000	36.5	113.2	27.2	94.8	168.3	54.1	129.8	80.4	107.2	126.2	119.9	32.6
2001	11.1	0	85.2	35.9	99.5	23.1	36.7	103.1	126.9	182.7	55.3	67.1
2002	4.3	12	34.9	199.1	150.6	101.2	116.5	68.2	304.4	134.9	27.2	44.9
2003	0	17.4	49.4	71.5	71	213.5	141.5	168.9	136.5	122.5	137.5	114.9
2004	16.6	37.5	SD	SD	SD	SD	110.4	88.3	233.5	78.1	65.8	31.8
2005	16.1	2	79.8	89.9	161.7	192.3	118.1	143.9	200.9	202.9	227	28
2006	16.1	3.6	63.5	187.7	75.3	170.3	96	107.1	116.3	173.6	80.1	27.2
2007	0.2	23.1	95.3	133.6	198.7	177.3	104.3	124	124.7	170.5	41	65.8
2008	0	76.5	101.3	170.2	136.6	73.1	70.7	86.2	218.7	133.5	291.7	5.2
2009	58.2	14.4	147	117	99.1	143.9	83.6	147.7	100.7	112.7	138.4	SD
2010	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2011	54.7	83.8	101.2	181.2	255.9	68.1	71.4	161	124.9	174.4	158.7	47.4
2012	3.5	3.8	11.5	152.8	147.7	69.3	64.1	115.4	118.7	264.7	79.8	56.6
2013	0	11.1	114.4	121.9	205.9	125	73.6	182.1	93.8	87.3	71.5	18.3
2014	0	44.9	92.4	47.1	78.7	42	57.3	88.1	103.5	264	50.8	21.1
2015	16.7	14.5	91.1	16	126.1	27.7	53.9	133.1	105.6	82.6	SD	SD
2016	SD	SD	SD	SD	SD	109.6	76.2	173.9	72.2	180.2	158.6	9.4
MEDIA	19.49	34.45	65.21	108.78	132.22	94.57	84.88	114.52	142.91	137.74	93.05	34.68

Fuente: Propia de los autores.

En la figura 17 se muestra el resultado de la relación precipitación y evapotranspiración Vs el tiempo en meses de los datos procesados para la estación de Carmen de Bolívar.

Figura 17. Gráfica de ETP y precipitación mensual, estaciones Carmen de Bolívar.




Fuente: Propia de los autores Microsoft Excel 2016 16.0.6741.2048

En la mayoría de los meses del año los niveles de evapotranspiración son mayores a la precipitación, gobernando 6 de los meses enero, febrero, marzo, junio, julio y diciembre, la brecha entre ambos es bastante amplia llegando hasta 60 mm de diferencia.

10.1.6 CAPACIDAD PARA SUMINISTRO DE DEMANDA

Con el fin de establecer el caudal producido por la precipitación y teniendo en cuenta este como uno de los parámetros imprescindibles para determinar las dimensiones

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

de la estructura propuesta, se optó por aplicar la fórmula racional modificada de Temez por su compatibilidad con la información suministrada en las estaciones disponibles.

Fórmula Racional Modificado De Temez

$$Q = \frac{CiA}{3.6} * K \quad \text{donde} \quad Q: \text{Caudal producido por un aguacero de intensidad } i.$$

A: Area de la cuenca.

C: Coeficiente de escorrentía.

K: Coeficiente de uniformidad.


CURVAS IDF

Para la obtención de la intensidad (i), variable necesaria para el desarrollo de la fórmula racional, se desarrollan las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) usando como insumo los datos de las estaciones disponibles. En la tabla 15 y 19 se tienen los datos de precipitación mensual, máxima mensual y anual de la como también valores medios mensuales de temperatura de la estación Carmen de Bolívar, los campos donde no se tiene información de precipitación fueron llenados con las siglas “SD: sin datos” para el adecuado procesamiento.

Con el fin de establecer un valor real de precipitación se propuso establecer un balance hídrico teniendo en cuenta factores de precipitación neta y evapotranspiración, para el cálculo de la evapotranspiración anual se eligieron los métodos de Hargreaves y Thornthwaite mencionados en el numeral anterior, de tal forma que se tendrá la precipitación neta (Pn) producto de restarle a la precipitación media anual la evapotranspiración potencial anual (ETP) respectiva, Teniendo en cuenta que en la estación de estudio Carmen de Bolívar no registra datos de precipitación para el año 2010, se omite dicho año para el análisis presentado.

Ecuación 12. Balance Hídrico.

$$P_n: P - ETP$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Para los valores de evapotranspiración por Hargreaves se tomaron los valores de temperatura máxima, mínima y media anual de la tabla 15.

Hargreaves:

$$ETP(1990): 0.0023(t_{med\ anual} + 17.78) * R_o * (t_{max\ anual} - t_{min\ anual})^{0.5}$$

$$ETP(1990) = 0.0023(27.48 + 17.78) * 14.48 * (28.4 - 26.4)^{0.5}$$

$$ETP(1990) = 2.13\ mm/d\acute{a}a \cong 63.97\ mm/mes$$


Para los valores de evapotranspiración anual por Thornthwaite se realizó el mismo proceso del numeral anterior por año como lo muestra la tabla 20 para el año 1990 y los resultados finales para toda la serie de tiempo de ambos métodos se muestra en la tabla 21:

Tabla 20. ETP por Thornthwaite para el año 1990.

EVAPOTRANSPIRACIÓN AÑO 1990												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MEDIOS	27.30	27.20	28.10	28.30	28.40	28.40	27.50	27.70	27.00	26.40	26.80	26.70
ETP THORNTWHAITE												
i	13.07	12.99	13.65	13.80	13.87	13.87	13.21	13.36	12.85	12.42	12.70	12.63
l	158.41											
a	4.08											
e	148.6	146.9	162.3	165.8	167.6	167.6	151.9	155.3	143.6	134.1	140.4	138.8
n° días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
n° horas luz	12	12	12.5	12	12	12	12.5	12	12	12	12	11
L	1.03	0.93	1.08	1.00	1.03	1.00	1.08	1.03	1.00	1.03	1.00	0.95
Eto corregido	153.52	137.11	174.67	165.83	173.21	167.63	163.52	160.49	143.63	138.57	140.40	131.48
ETP ANUAL	154.17											

Fuente: Propia de los autores.

Tabla 21. Valores de ETP anual por los métodos Hargreaves y Thornthwaite, estación Carmen de Bolívar.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Año	HARGREAVES ETP	THORNTHWAITE ETP	PROMEDIO ETP
1990	63.97	154.17	109.07
1991	59.28	157.95	108.61
1992	71.06	149.26	110.16
1993	63.51	148.74	106.13
1994	61.63	145.22	103.42
1995	68.22	149.82	109.02
1996	55.09	149.55	102.32
1997	74.04	166.31	120.17
1998	76.30	160.88	118.59
1999	60.81	144.02	102.42
2000	58.49	147.63	103.06
2001	67.71	161.41	114.56
2002	64.62	162.11	113.37
2003	71.76	156.71	114.24
2004	52.64	158.59	105.61
2005	37.48	170.44	103.96
2006	28.23	150.30	89.26
2007	71.71	156.16	113.93
2008	51.47	152.30	101.89
2009	47.48	148.78	98.13
2011	40.51	172.56	106.54
2012	43.88	182.99	113.44
2013	92.42	199.76	146.09
2014	68.24	192.37	130.31
2015	44.81	171.55	108.18

Fuente: Propia de los autores.

Los valores de precipitación media fueron desarrollados a partir de la información de la estación Carmen de Bolívar (Tabla 22), a continuación, se presentan las precipitaciones medias anuales:

Tabla 22. Valores de precipitación media anual.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Año	Media
1990	89.88
1991	84.36
1992	102.01
1993	86.37
1994	91.43
1995	93.77
1996	84.81
1997	86.29
1998	99.92
1999	98.34
2000	90.85
2001	68.88
2002	99.85
2003	103.72
2004	55.17
2005	121.88
2006	93.07
2007	104.88
2008	113.64
2009	96.89
2011	123.56
2012	90.66
2013	92.08
2014	74.16
2015	55.61
2016	65.01


Fuente: Propia de los autores.

Entonces: $P_n(1990): P - ETP$

$$P_n = 89.88 - 109.07 = \mathbf{44.87mm}$$

Los resultados generados por el balance para cada año revelan un déficit en el 84% del periodo total de tiempo estudiado. (Tabla 23 y Figura 18), panorama desfavorable para la captación debido a la falta de agua disponible, teniendo en cuenta que el planteamiento de captación y almacenamiento es de agua estrictamente de precipitación y escorrentía superficial generada por la misma.

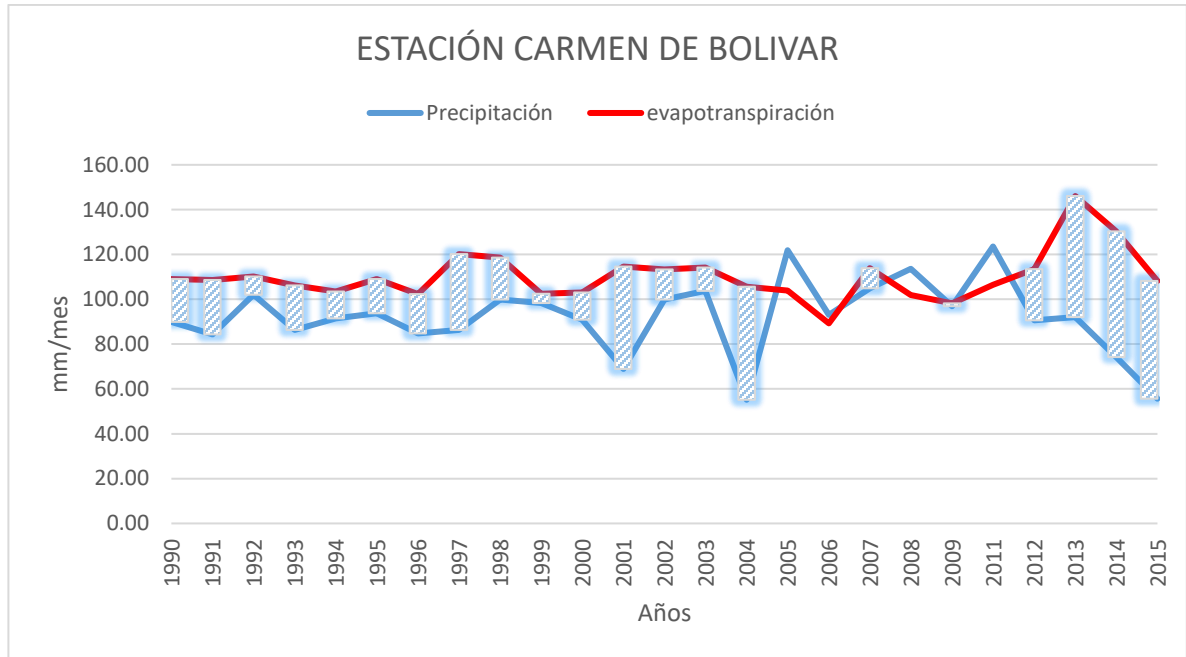
Tabla 23. Resultado del Balance Hídrico por año.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Año	Precipitación real (mm)
1990	-19.20
1991	-24.26
1992	-8.15
1993	-19.76
1994	-12.00
1995	-15.26
1996	-17.52
1997	-33.88
1998	-18.68
1999	-4.07
2000	-12.21
2001	-45.68
2002	-13.52
2003	-10.52
2004	-50.45
2005	17.92
2006	3.80
2007	-9.06
2008	11.75
2009	-1.24
2011	-99.55
2012	17.02
2013	-22.78
2014	-54.02
2015	-56.15

Fuente: Propia de los autores.

Figura 18. Gráfica de ETP y precipitación anual, estaciones Carmen de Bolívar.



Fuente: Propia de los autores.

Con los valores de precipitaciones máximas reales anuales se procedió a realizar la construcción de las curvas IDF, por medio de Gumbel se hizo la distribución de probabilidades pluviométricas con el fin de calcular las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias. En la tabla 24 se muestra los valores máximos de precipitación de cada año y el mes en donde se registró como también el procesamiento de dichos valores para facilitar el cálculo de las variables probabilísticas.


Tabla 24. Valores máximos de precipitación, Carmen de Bolívar.



Nº	Año	Precipitación	
		(mm)	$(xi - x)^2$
1	1990	3.76	0.10
2	1991	1.65	5.88
3	1992	4.09	0.00
4	1993	3.42	0.42
5	1994	5.38	1.72
6	1995	6.46	5.72
7	1996	3.22	0.73
8	1997	2.72	1.82
9	1998	5.60	2.33
10	1999	3.29	0.61
11	2000	2.72	1.83
12	2001	2.84	1.51
13	2002	7.96	15.13
14	2003	4.14	0.00
15	2004	5.33	1.59
16	2005	5.13	1.12
17	2006	4.10	0.00
18	2007	3.53	0.29
19	2008	7.91	14.74
20	2009	2.07	4.02
21	2011	-4.15	67.53
22	2012	6.22	4.64
23	2013	6.30	4.99
24	2014	2.49	2.49
25	2015	5.57	2.25
25		101.7	141.4

Fuente: Propia de los autores.

Para el cálculo de las variables probabilísticas se usaron las fórmulas de media aritmética (\bar{x}), Desviación estándar (S), (α), (u).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Media aritmética

Ecuación 13 Media aritmética.

$$\dot{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad \text{donde} \quad Xi: \text{Valores de precipitación}$$

n: Numero de valores de precipitación

$$\dot{x} = \frac{101.7 \text{ mm}}{25} = \mathbf{4.07 \text{ mm}}$$

Desviación Estándar

Ecuación 14 Desviación estándar


$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \dot{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{141.4 \text{ mm}}{25 - 1}} = \mathbf{2.43 \text{ mm}}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 2.43 \text{ mm} = \mathbf{1.89 \text{ mm}}$$

$$u = \dot{x} - 0.5772 * \alpha$$

$$u = 2.66 \text{ mm} - 0.5772 * 1.89 \text{ mm}$$

$$u = \mathbf{2.98 \text{ mm}}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Dando continuidad con la distribución estándar de Gumbel, teniendo definidas las variables probabilísticas se calcularon las precipitaciones diarias máximas probables para frecuencias de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años mostradas en la tabla 15, por medio de la ecuación (1) se determinaron las probabilidades de ocurrencia y con esta la corrección del intervalo.

Ecuación 15 Determinación de las probabilidades de ocurrencia.


$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}} \quad (1)$$

Tabla 25. Cálculo Precipitaciones Diarias Máximas para distintas frecuencias.

<i>Periodo Retorno</i>	<i>Variable Reducida</i>	<i>Precip. (mm)</i>	<i>Prob. de ocurrencia</i>	<i>Corrección intervalo fijo</i>
<i>Años</i>	<i>YT</i>	<i>XT'(mm)</i>	<i>F(xT)</i>	<i>XT (mm)</i>
2	0.3665	3.6708	0.5000	4.1480
5	1.4999	5.8162	0.8000	6.5723
10	2.2504	7.2366	0.9000	8.1774
25	3.1985	9.0314	0.9600	10.2055
50	3.9019	10.3628	0.9800	11.7100
100	4.6001	11.6844	0.9900	13.2034
500	6.2136	14.7385	0.9980	16.6545

Fuente: Propia de los autores.

Tabla 26. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas. (Campos A. 1978)

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Fuente: Propia de los autores.

A partir de la precipitación diaria máxima utilizando los coeficientes de relación lluvia – duración, se calcula la precipitación máxima para tiempo de duración de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas de la siguiente manera:

Ecuación 16 Determinación precipitación máxima.

$$\text{Precip. máx (1 hrs)} = \text{Precip. máx probable} * \text{Coef. lluvia – duración}$$

$$\text{Precip. máx (1 hrs)} = 4.1480\text{mm} * 0.30$$


$$\text{Precip. máx (1 hrs)} = \mathbf{1.2444\text{mm}}$$

La tabla 27 muestra los resultados para todos los intervalos de duración y periodos de retorno hasta los 100 años,

Tabla 27. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de lluvia (Pd).

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24 hr	X24	4.1480	6.5723	8.1774	10.2055	11.7100	13.2034
18 hr	X18 = 91%	3.7747	5.9808	7.4414	8.1644	10.6561	12.0151
12 hr	X12 = 80%	3.3184	5.2578	6.5419	8.1644	9.3680	10.5627
8 hr	X8 = 68%	2.8206	4.4692	5.5606	6.9397	7.9628	8.9783
6 hr	X6 = 61%	2.5303	4.0091	4.9882	6.2253	7.1431	8.0541
5 hr	X5 = 57%	2.3643	3.7462	4.6611	5.8171	6.6747	7.5259
4 hr	X4 = 52%	2.1569	3.4176	4.2522	5.3068	6.0892	6.8658
3 hr	X3 = 46%	1.9081	3.0233	3.7616	4.6945	5.3866	6.0736
2 hr	X2 = 39%	1.6177	2.5632	3.1892	3.9801	4.5669	5.1493
1 hr	X1 = 30%	1.2444	1.9717	2.4532	3.0616	3.5130	3.9610

Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Por medio de la ecuación (17), se calculan las intensidades de lluvia a partir de Pd, de acuerdo con la duración en horas y el y Frecuencia en años de esta.

Ecuación 17 Intensidades de lluvia a partir de la Precipitación máxima.

$$I = \frac{Pn}{t} \quad \text{donde} \quad I: \text{Intensidad de lluvia (mm/hr)}$$

Pd: Precipitación neta(mm)

t: Tiempo de duración (hr)


$$I(2\text{años}) = \frac{4.1480 \text{ mm}}{24 \text{ hr}}$$

$$I(2\text{años}) = 0.1728 \text{ mm/hr}$$

Tabla 28. Intensidad de lluvia según duración y frecuencia.

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno					
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24 hr	1440	0.1728	0.2738	0.3407	0.4252	0.4879	0.5501
18 hr	1080	0.2097	0.3323	0.4134	0.4536	0.5920	0.6675
12 hr	720	0.2765	0.4382	0.5452	0.6804	0.7807	0.8802
8 hr	480	0.3526	0.5586	0.6951	0.8675	0.9953	1.1223
6 hr	360	0.4217	0.6682	0.8314	1.0376	1.1905	1.3423
5 hr	300	0.4729	0.7492	0.9322	1.1634	1.3349	1.5052
4 hr	240	0.5392	0.8544	1.0631	1.3267	1.5223	1.7164
3 hr	180	0.6360	1.0078	1.2539	1.5648	1.7955	2.0245
2 hr	120	0.8089	1.2816	1.5946	1.9901	2.2834	2.5747
1 hr	60	1.2444	1.9717	2.4532	3.0616	3.5130	3.9610

Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Se empleó la expresión matemática empírica de función potencial (18) según Aparicio (1997) para la realización de la Curvas IDF.

Ecuación 18 Cálculo de Intensidad

$$(3) \quad I = \frac{K * T^m}{t^n} \quad \text{donde} \quad I: \text{Intensidad (mm/hr)}$$

t: Duración de la lluvia (min)

T: Periodo de retorno (años)

K, m, n: Parámetros de ajuste

$$(4) \quad d = K * T^m$$

Se definieron los parámetros de ajuste por medio de un cambio de variable, reemplazando la formula (4) en la fórmula (3):

Ecuación 19 Determinación de intensidad

$$I = \frac{d}{t^n}$$

$$(5) \quad I = d * t^{-n}$$

Se procedió con la fórmula (5) a realizar una regresión potencial definiendo los parámetros **d** y **n** como se muestra en la tabla 29 para un periodo de retorno de 10 años.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Tabla 29. Calculo de variables d y n para un periodo de retorno de 10 años.

Periodo de retorno para $T = 10$ años								
Nº	X	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2		
1	1440	0.3407	7.2724	-1.0767	-7.8300	52.8878		
2	1080	0.4134	6.9847	-0.8833	-6.1697	48.7863		
3	720	0.5452	6.5793	-0.6067	-3.9915	43.2865		
4	480	0.6951	6.1738	-0.3637	-2.2456	38.1156		
5	360	0.8314	5.8861	-0.1847	-1.0871	34.6462		
6	300	0.9322	5.7038	-0.0702	-0.4003	32.5331		
7	240	1.0631	5.4806	0.0612	0.3352	30.0374		
8	180	1.2539	5.1930	0.2262	1.1748	26.9668		
9	120	1.5946	4.7875	0.4666	2.2339	22.9201		
10	60	2.4532	4.0943	0.8974	3.6743	16.7637		
10	4980	10.1227	58.1555	-1.5338	-14.3059	346.9435		
$Ln(d) =$		3.4312	$d =$		30.9149	$n =$		-0.6164

Fuente: Propia de los autores.

En la figura 19 se muestra la graficación de I vs t con su respectiva ecuación y coeficiente de determinación (R^2), el valor de este coeficiente es de 0.9994 en los que se aprecia una gran cercanía a 1, resultado que arroja una gran confiabilidad en el modelo de ajuste.


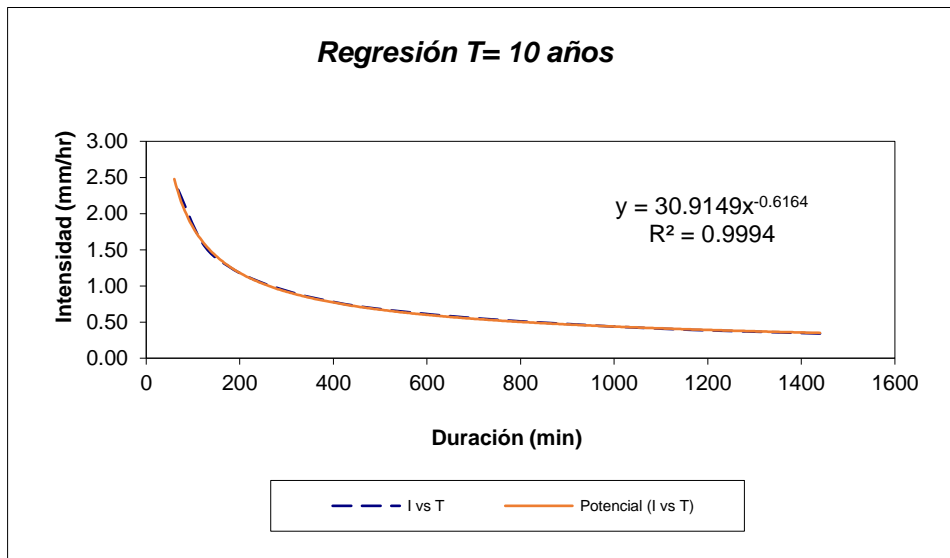
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

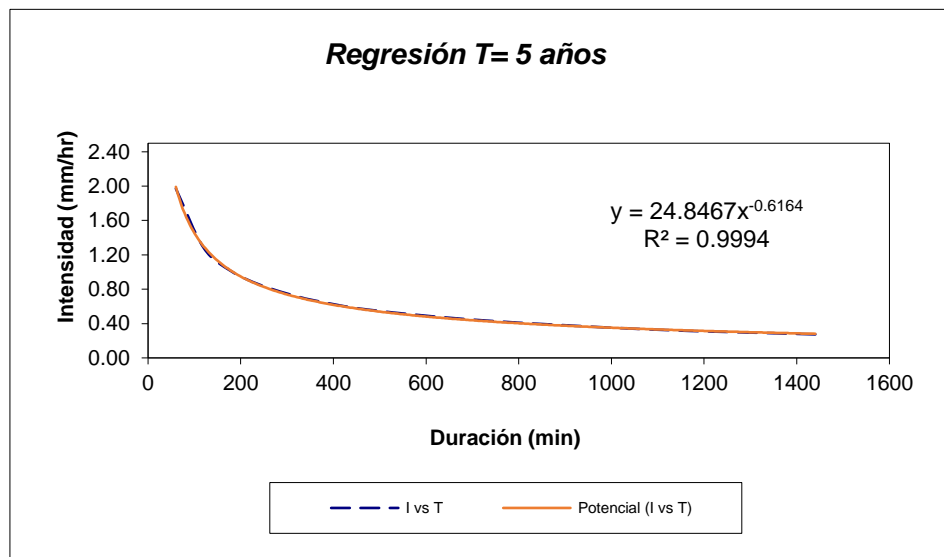
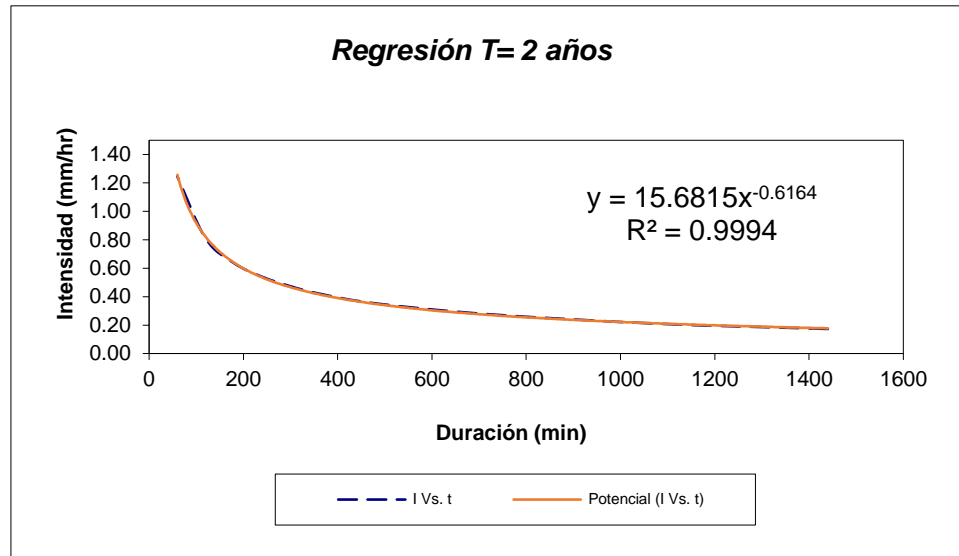
Figura 19. Regresión Potencial (I Vs t).

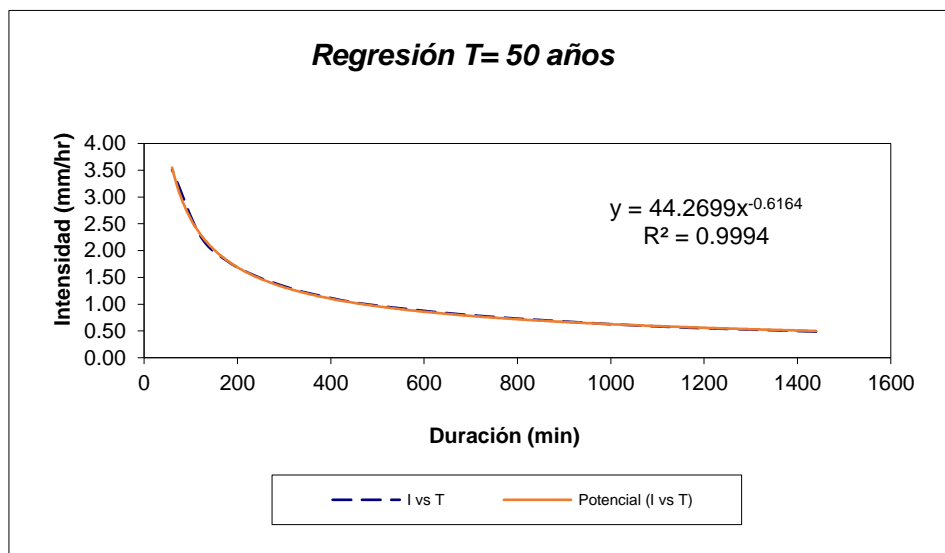
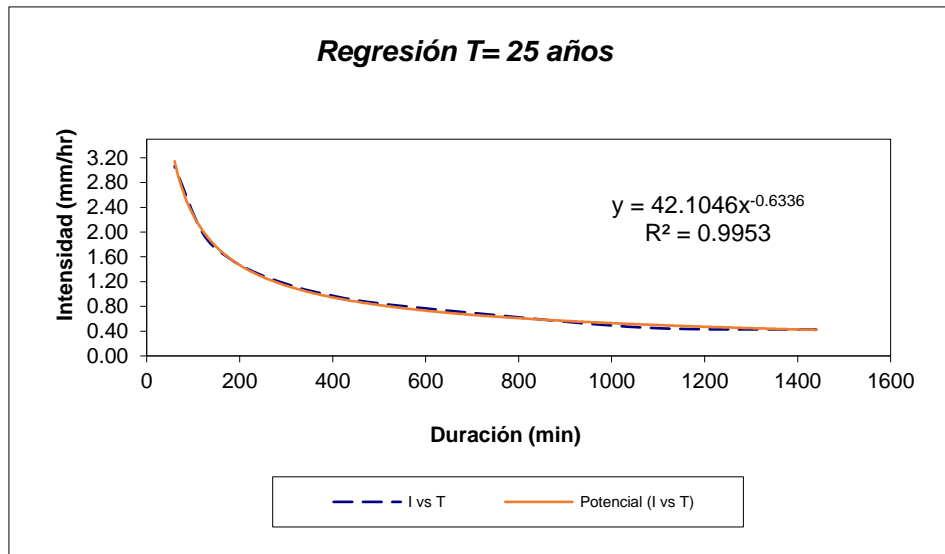


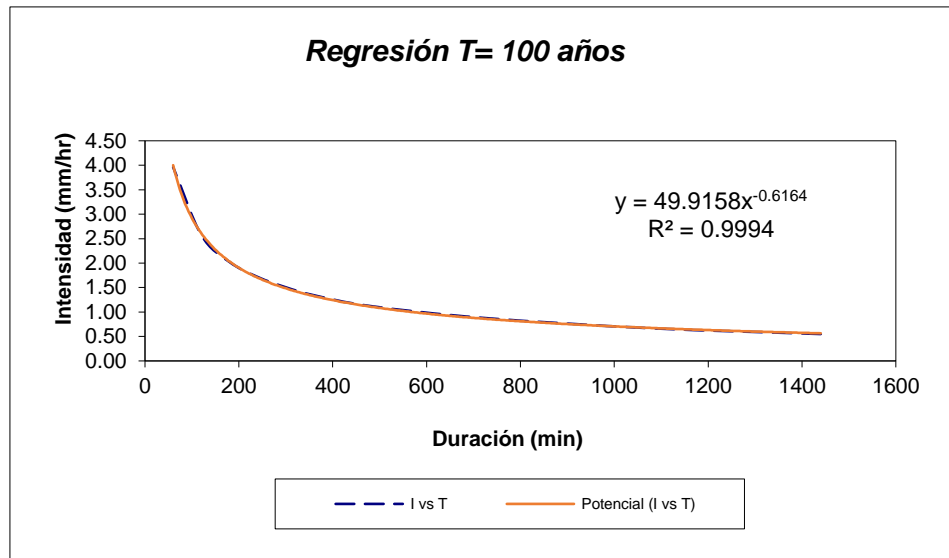
Fuente: Propia de los autores.

Se realizó el mismo procedimiento para el resto de los periodos de retorno obteniendo en cada uno coeficientes de determinación (R^2) en el orden de 0.9953 a 0.9994, valores aceptables por los cuales se concluye que las regresiones potenciales son admisibles. Los resultados para cada periodo de retorno son mostrados en la figura 20.

Figura 20. Regresiones (I vs T) para diferentes tiempos de retorno.







Fuente: Propia de los autores.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tabla 30. Constantes y coeficientes de regresión.

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	15.68153590697	-0.61638608809
5	24.84672452309	-0.61638608809
10	30.91487687633	-0.61638608809
25	42.10457393916	-0.63362500463
50	44.26991595192	-0.61638608809
100	49.91582978982	-0.61638608809
500	62.96267477652	-0.61638608809
Promedio =	38.67087596626	-0.61884879045

Fuente: Propia de los autores.

Debido al cambio de variable realizado (véase ecuación (4) y (5)), se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d) mostrados en la tabla 32, para obtener valores de la ecuación (4):

$$(4) \quad d = K * T^m$$

Tabla 31. Cálculo termino constante y Coef, de regresión F y m

Regresión potencial						
Nº	X	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	15.6815	0.6931	2.7525	1.9079	0.4805
2	5	24.8467	1.6094	3.2127	5.1707	2.5903
3	10	30.9149	2.3026	3.4312	7.9007	5.3019
4	25	42.1046	3.2189	3.7402	12.0391	10.3612
5	50	44.2699	3.9120	3.7903	14.8278	15.3039
6	100	49.9158	4.6052	3.9103	18.0078	21.2076
7	500	62.9627	6.2146	4.1425	25.7443	38.6214
7	692	270.6961	22.5558	24.9798	85.5982	93.8667
Ln (K) = 2.7918		K = 16.3109		m = 0.2410		

Fuente: Propia de los autores.


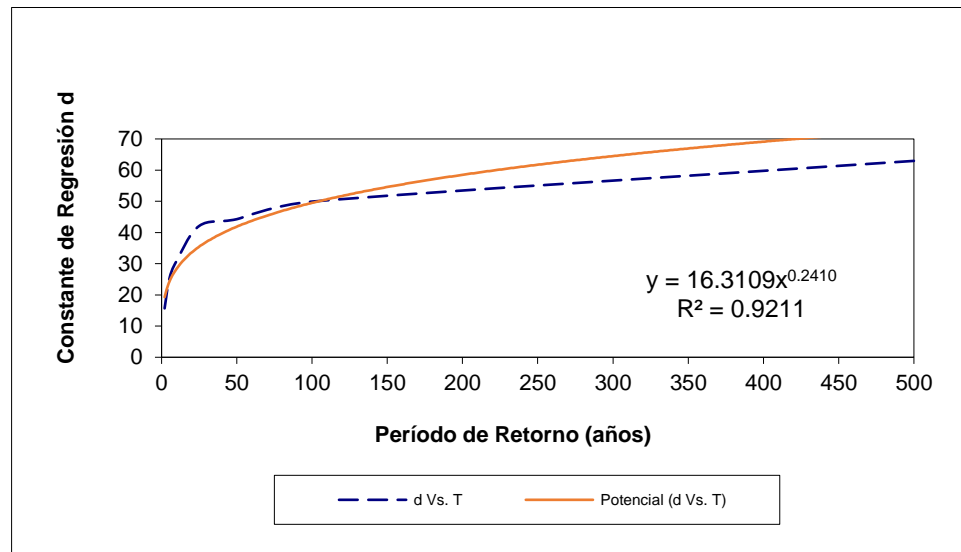
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Figura 21. Regresión potencial (d vs T)



Fuente: Propia de los autores.

Los valores de K y m determinados por la regresión potencial son de 16.3109 y 0.241044 respectivamente estableciendo así la ecuación final para la cuenca de la siguiente manera:

Ecuación 20 Determinación de intensidad.

$$(6) \quad I = \frac{16.3109 * T^{0.241044}}{t^{0.61885}} \quad \text{donde} \quad I: \text{Intensidad (mm/hr)}$$

T : Período de Retorno (años)

t : Tiempo de duración de precipitación (min)

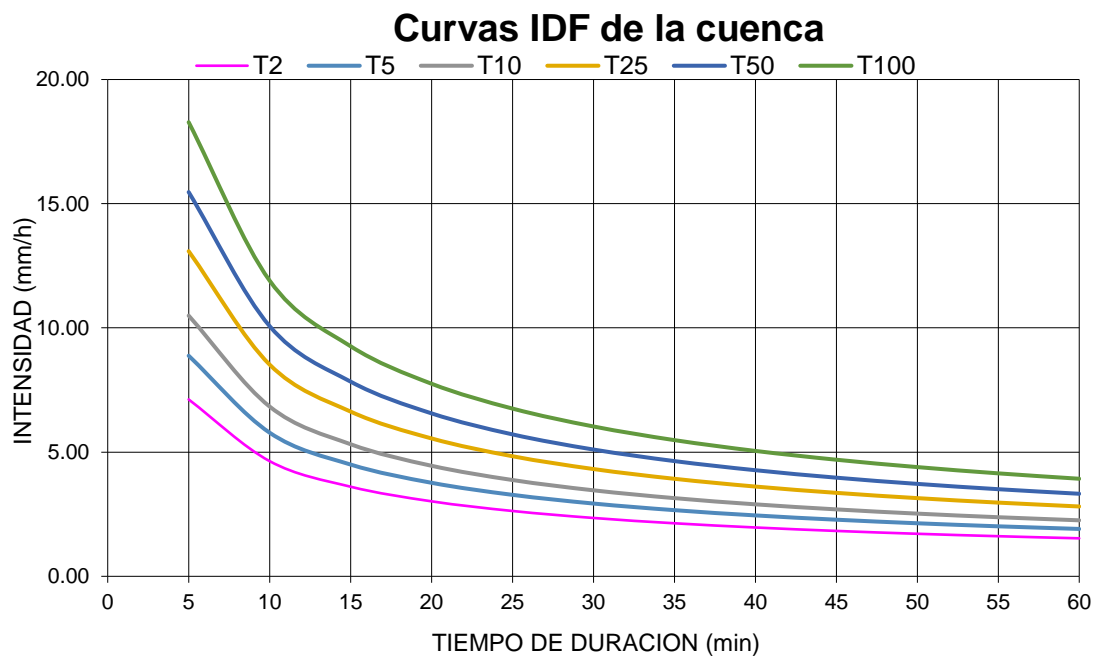
Reemplazando valores de T y t en la fórmula (6) se obtienen las Intensidades mostradas en la tabla 33, concluyendo así las Curvas IDF mostradas en la figura 22 para la estación pluviométrica Carmen de Bolívar.

Tabla 32. Intensidades y Tiempo de duración estación Monterrey Forestal.


Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	7.12	4.64	3.61	3.02	2.63	2.35	2.14	1.97	1.83	1.71	1.61	1.53
5	8.88	5.78	4.50	3.77	3.28	2.93	2.66	2.45	2.28	2.14	2.01	1.91
10	10.49	6.83	5.32	4.45	3.88	3.46	3.15	2.90	2.69	2.52	2.38	2.25
25	13.09	8.52	6.63	5.55	4.83	4.32	3.93	3.61	3.36	3.15	2.97	2.81
50	15.47	10.07	7.84	6.56	5.71	5.10	4.64	4.27	3.97	3.72	3.51	3.32
100	18.28	11.90	9.26	7.75	6.75	6.03	5.48	5.05	4.69	4.40	4.15	3.93

Fuente: Propia de los autores.

Figura 22. Curvas IDF para la estación pluviométrica Monterrey Forestal.



Fuente: Propia de los autores.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

10.1.6.1 Coeficiente de escorrentía.

Con el fin de continuar con el diseño de la estructura hidráulica sabemos que, para los sistemas de Recolección de Aguas Pluviales como la estructura de captación que se pretende diseñar en el documento, entre otras estructuras ya conocidas, primeramente, se hace necesario siempre antes de estimar cualquier otro valor, es la determinación o la estimación de los caudales máximos en área y en la cuenca que se está trabajando en el presente estudio.

De tal modo que es de suma importancia determinar dicha relación que exista en la determinación del área seleccionada de la cuenca entre la precipitación o Intensidad de diseño y el caudal de escorrentía superficial ella generado, de forma tal de Realizar Diseños en los que el Riesgo de falla sea el menor posible impidiendo que se alteren factores tales como: El diseño hidráulico e hidrológico, estructural.

El Coeficiente de Escorrentía se define como uno de los principales parámetros fundamentales de la Hidrología superficial en la ingeniería, ya que representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir, la relación entre el volumen de Escorrentía superficial y el de precipitación total sobre un área (cuenca) determinada: "

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se usó de la Tabla No.33 que se encuentra a continuación:


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Tabla 33. Coeficiente de Escorrentía


Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: Coeficientes de escorrentía, en Chow et al (1988).

Para estimar el valor del Coeficiente de Escorrentía se tiene que de acuerdo con la clasificación de pendientes de la tabla 2, tendremos que la cuenca se encuentra ubicada en el rango de Pendiente Baja (0-2%).

“Según el perfil productivo del municipio se establece que la dinámica y vocación del uso del suelo se disminuye el uso agrícola frutal e incrementa para el uso agrícola, cultivos de cacao, aguacate, yuca y plátano, categorizando así el uso de suelo existente y su uso potencial en; agrícola, bosque productor, agropecuario y forestal.

Finalmente, seleccionando el tipo de superficie correspondiente a zona rural perteneciente a campos de cultivo, pastizales y bosques, tendremos tres

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

coeficientes de escorrentía diferentes.”²³ Para un periodo de retorno de 25 años (Tabla 34). Obteniéndose así un coeficiente de escorrentía de **0.35**.

Se procesaron los coeficientes de la siguiente forma:

Coef. escorrentía: $\frac{Coef.(1)+Coef.(2)+Coef.(3)}{N}$ donde *Coef. (1): Campos de cultivo*

Coef. (2): Pastizales

Coef. (3): Bosques

N: Numero de coeficientes

$$Coef. escorrentía = \frac{0.4 + 0.34 + 0.31}{3}$$

$$Coef. escorrentía = \mathbf{0.35}$$


²³ PERFIL PRODUCTIVO SAN JACINTO -BOLÍVAR [EN LÍNEA].
<[HTTPS://ISSUU.COM/PNUDCOL/DOCS/PERFIL_PRODUCTIVO_SAN_JACINTO](https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil_productivo_san_jacinto)> [2018].



Tabla 34. Selección de Coeficiente de escorrentía.

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: Ramírez, Martha. 2003. Hidrología aplicada. Universidad de los Andes

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

10.1.6.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN.

Siguiendo los lineamientos del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), se le asignó un nivel **MEDIO ALTO** de complejidad al sistema de acuerdo con el Artículo 11 de este mismo reglamento, categorizado por la cantidad población del municipio que esta entre 12.501 a 60.000 habitantes resultado que arrojo la proyección poblacional.

Tabla 35. Asignación del nivel de complejidad.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS. Capitulo A3, tabla A.3.1

Según los datos del censo poblacional por edades realizado por el DANE y su proyección poblacional en el municipio de San Jacinto se tiene una población en 1993 de 23.992 habitantes, en 2005 de 21.593 habitantes y la proyección al 2020 de 21.658 habitantes. Con el fin de escoger el método más preciso se calculan las proyecciones al 2020 para comparar los resultados más acercados a la proyección del DANE.


VARIABLES:

PF: Población correspondiente del año para el que se quiere realizar la protección.

Puc: Población correspondiente a la proyeccion del DANE.

Pci: Población correspondiente al censo inicial.

Tuc: Año correspondiente al ultimo año proyectado.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tci: Año correspondiente al censo inicial.

Tf: Año al cual se requiere proyectar la información.

DATOS:

(1993) Censo inicial = 23.992 hab.

(2005) Último Censo = 21.593 hab.

(2010) Censo poblacional = 21.460 hab.

Proyección DANE A 2020 = 21.658 hab.

METODO ARITMÉTICO

Ecuación 21 Método Aritmético población

$$PF: Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc)$$

$$PF(2020) = 21.593 + \frac{21.593 - 23.992}{2005 - 1993} * (2020 - 2005)$$

$$PF(2020) = \mathbf{18594 \text{ hab}}$$


METODO GEOMÉTRICO

Ecuación 22 Método geométrico población

$$PF: Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

$$r: \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1 \quad \text{donde} \quad r: \text{Tasa de crecimiento.}$$

$$r: \left(\frac{21.593}{23.992}\right)^{\frac{1}{2005 - 1993}} - 1$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

$$r: -0.009$$

$$PF(2020): 21.593(1 - 0.009)^{2020-2005}$$

$$PF(2020): \mathbf{18.929 \text{ hab}}$$

METODO EXPONENCIAL

Ecuación 23 Método exponencial población

$$PF: Pci * e^{K(Tf-Tci)}$$

Ecuación 24 Determinación de constante K.

$$K: \frac{\ln(Pcp) - \ln(Pca)}{Tcp - Tca}$$

donde *Pcp: Censo posterior poblacional.*

Pca: Censo anterior poblacional.

Tcp: Año correspondiente al Pcp.

Tca: Año correspondiente al Pca.

$$K1: \frac{\ln(21.593) - \ln(23.992)}{2005 - 1993} \quad K2: \frac{\ln(21.460) - \ln(21.593)}{2010 - 2005} \quad K3: \frac{\ln(21.460) - \ln(23.992)}{2010 - 1993}$$


$$K1: -0.009$$

$$K2: -0.001$$

$$K3: -0.007$$

$$K_{Prom} = \frac{(-0.009) + (-0.001) + (-0.007)}{3}$$

$$K_{prom} = \mathbf{-0.006}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Ecuación 25 Población Proyectada Final

$$PF(2020): 23.992 * e^{-0.006(2020-1993)}$$

$$PF(2020) = \mathbf{20.667 \text{ hab}}$$

Comparando los resultados de las proyecciones de población al año 2020 de los diferentes métodos (Tabla 39), el método que más se acerca a la proyección de población del año 2020 es el método Exponencial

Tabla 36. Resultados proyecciones poblacionales.

METODO	PPOYECCION 2020 (hab)
Aritmético	18.594
Geométrico	18.929
Exponencial	20.667

Fuente: Propia de los autores.


Se establece como el método que mejor se ajusta al comportamiento histórico de la población y es escogido para realizar la proyección al periodo de diseño de 25 años establecido por el RAS para un sistema de captación superficial (Tabla 40.).

Tabla 37. Periodo de diseño según el nivel de complejidad del sistema para captaciones superficiales.

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: RAS, Título B Numeral 4.4.1, Tabla B 4.2.

Se proyecta la población al año 2043 concorde al periodo de diseño por medio del método exponencial mencionado anteriormente obteniendo así una población de **18.201 habitantes**, resultado que ratifica el nivel de complejidad del sistema.

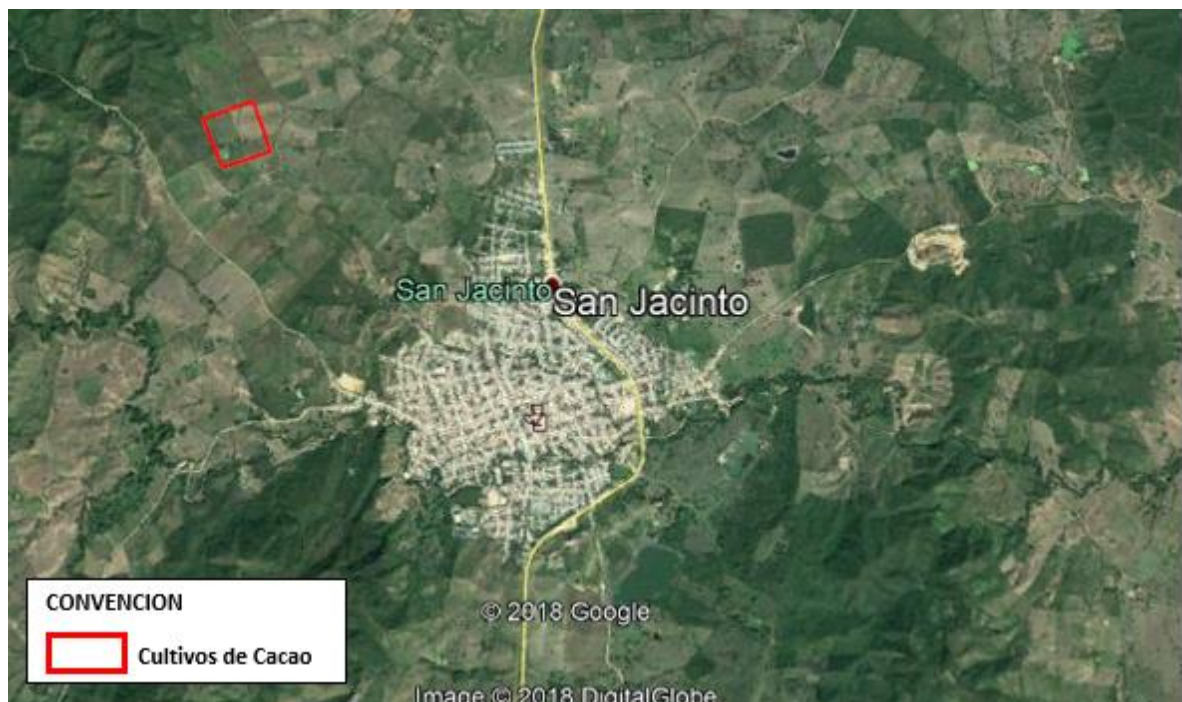
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

10.1.6.3 CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO

Para un periodo de retorno de 10 años se establece una intensidad de **2.25 mm/hr** por la estación Carmen de Bolívar (Tabla 33).


Se sitió la estructura en los cultivos de Cacao Ubicados al Noroccidente de San Jacinto (Figura 24). Con el fin de dar uso para riego de estos, estos cultivos tienen una cobertura de **100.236 metros cuadrados**.

Figura 23. Cultivos de Cacao San Jacinto Bolívar.



Fuente: Raster Google Earth 7.3.1.4507.

Con las variables establecidas se calcula el Caudal máximo para el diseño del vertedor de la estructura.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Fórmula Racional Modificada De Temez.

Ecuación 26 Caudal Máximo.

$$Q = \frac{CiA}{3.6} * K \quad \text{donde } Q: \text{Caudal producido por un aguacero de intensidad } i.$$

A: Area de la cuenca.

C: Coeficiente de escorrentía.

K: Coeficiente de uniformidad.

$$K: 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad \text{donde } K: \text{Coeficiente de uniformidad.}$$


T_c: Tiempo de concentración.

$$K = 1 + \frac{13h^{1.25}}{13h^{1.25} + 14}$$

$$K = 1.64$$

$$Q_{max} = \frac{0.35 * 2.25 \text{ mm/h} * 0.100236 \text{ Km}^2}{3.6} * 1.64$$

$$Q_{max} = 0.03596 \text{ m}^3/\text{s} \cong 35.96 \text{ L/s}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

11 CAPITULO III. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA.²⁴

11.1 DISEÑO DEL VERTEDERO.

Se parte del gasto máximo obtenido de acuerdo con las particularidades de la zona y con el uso de la ecuación (7) para determinar el área transversal del vertedero.

Ecuación 27 Área trasversal del vertedero

$$(7) Q: V * A \longrightarrow A: \frac{Q_{max}}{V} \quad \text{donde} \quad A: \text{Area trasversal del vertedero}$$

Q_{max}: Caudal maximo

V: Velocidad del flujo sobre el vertedero

Un canal vertedor con pendiente mínima de 1%, paredes bien compactadas y libres de vegetación garantiza una velocidad mínima de 1.5 m/s, por lo que se puede utilizar este valor para una aproximación sobreestimada del área necesaria del vertedor, lo que garantiza el buen funcionamiento de este. Por lo tanto:²⁵


Ecuación 28 Determinación del área necesario del vertedero

$$A = \frac{Q_{max}}{1.5 \text{ m/s}}$$

$$A = \frac{0.03596 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

²⁴Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación . Ollas de agua , Jagüeyes, Cajas de agua o Aljibes , P. 1-10).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

Por razones de facilidad constructiva y de diseño se propone una forma geométrica rectangular para la estructura, y con esta se asume un ancho del vertedor de 0.5 metros y la altura de lámina para el mismo mediante la ecuación (8):

Ecuación 29 Área transversal del vertedero

(8) $A: B * H$ donde A : Area transversal del vertedor.

B : Ancho del vertedor.

H : Altura de lamina del vertedor.

$$0.034m^2 = 0.5m * H$$

$$H = \frac{0.024m^2}{0.5m}$$

$$H = 0.048m \cong 5 \text{ cm}$$

11.2 CAPACIDAD TOTAL DE LA ESTRUCTURA.

Teniendo en cuenta que el agua captada por la estructura va a ser destinada para riego de cultivos de Cacao y sabiendo que la demanda anual para cultivos de Cacao establecida para el territorio nacional es de 107 millones de metros cúbicos para 96.148 Hectáreas(Tabla38), es decir que para 1 hectárea de cultivo de cacao se requiere $3.05 \text{ m}^3/\text{día}$, por consiguiente:

$CTE: DC * AC$ Donde CTE : Capacidad Total de la estructura.

DC : Demanda de agua por hectarea de cultivo

AC : Area de cultivos

$$CTE = 3.05 * 10,0236$$

$$CTE = 30.56 \text{ m}^3$$


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Tabla 38. Demanda anual por cultivo permanente.

Volumen de agua extraída (Mm ³ /año) en cultivos permanentes (2008)				
Cultivo	Hectáreas	Volumen de agua extraída (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Volumen de agua extraída no consumida (m ³)
Banano de consumo interno	37.868	133	87	47
Cacao	96.148	164	107	58
Café	693.238	1.211	787	424
Caña de azúcar	223.307	110	72	39
Caña panelera	204.407	23	15	8
Cultivo de naranja	40.329	53	35	19
Mango	8.850	2	2	1
Otros cítricos	20.876	18	12	6
Otros frutales	123.352	125	81	44
Otros permanentes	33.776	19	12	7
Palma aceite	322.780	1.270	825	444
Plátano	370.987	697	453	244
Total	2.175.918	3.826	2.487	1.339

Fuente: Estudio Nacional del Agua 2010, Capítulo 5.

Se tiene como parámetros para el dimensionamiento asegurar una pendiente del 1% con el fin de garantizar una velocidad de flujo de 1.5 m/s en el vertedor y el almacenamiento de 30.56 m^3 de agua necesaria para realizar el riego de los cultivos.

Las dimensiones establecidas para la estructura siguiendo los parámetros requeridos del diseño se expone en el anexo 5, en las siguientes figuras se muestra un modelo volumétrico de la estructura con el fin de revelar su dimensionamiento y mejorar el entendimiento de su geometría.


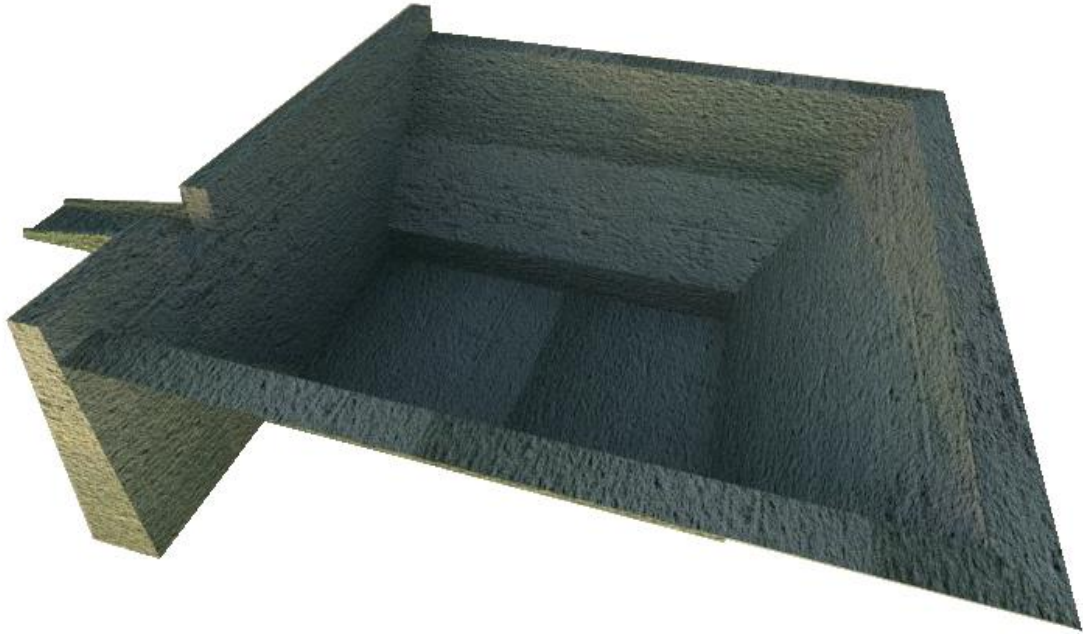
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

Figura 24. Modelo Volumétrico.





UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE
GRADO

DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN
EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)

FECHA: 2018

VERSIÓN 0



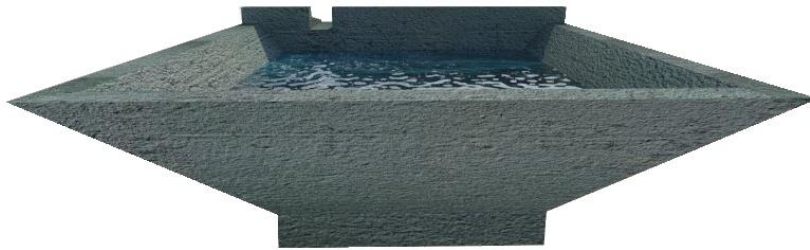
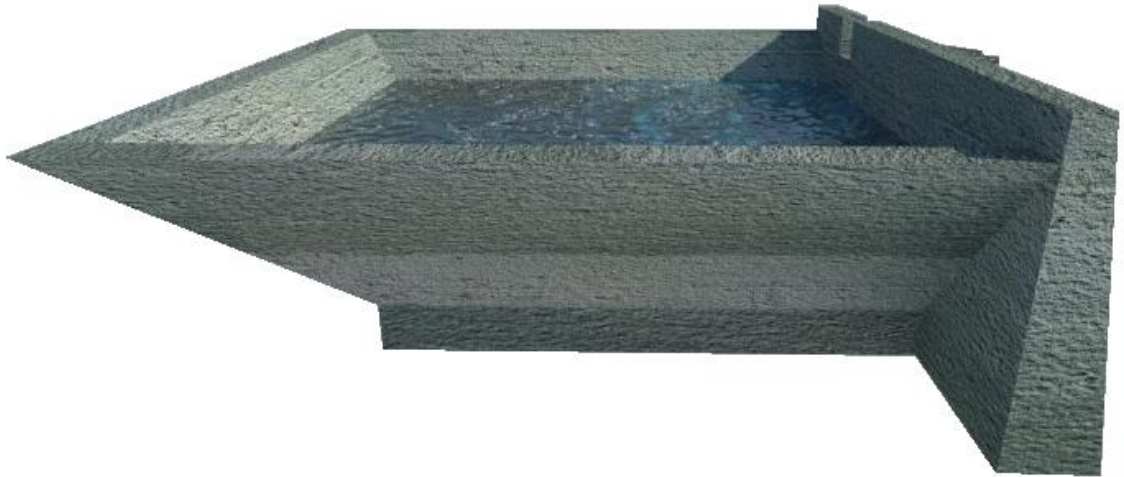



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE
GRADO

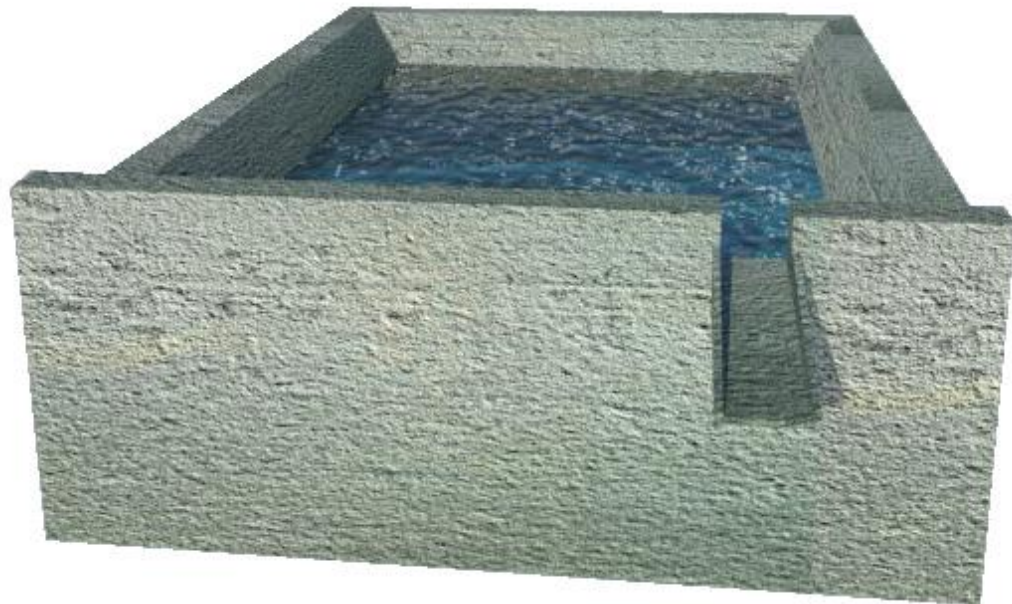
DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN
EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)

FECHA: 2018

VERSIÓN 0



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--



Fuente: Propia de los autores, sketch up 2016.



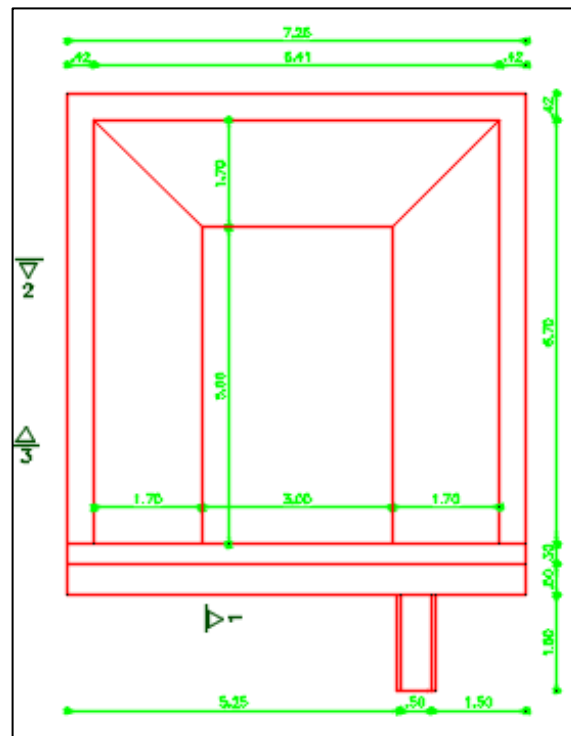
11.3 DISEÑO ESTRUCTURAL.

11.3.1 DESCRIPCIÓN.

La estructura se compone de una cámara de 6.80m de largo, 7.20m de ancho y con profundidad variable entre 2.80m y 2.50m. Los muros y placa de fondo son de 0.30m de espesor. Toda la estructura es de concreto de 28 MPa.

La estructura se muestra a continuación:

Figura 25. Vista de planta



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

A continuación, se pueden observar los cortes de la estructura:


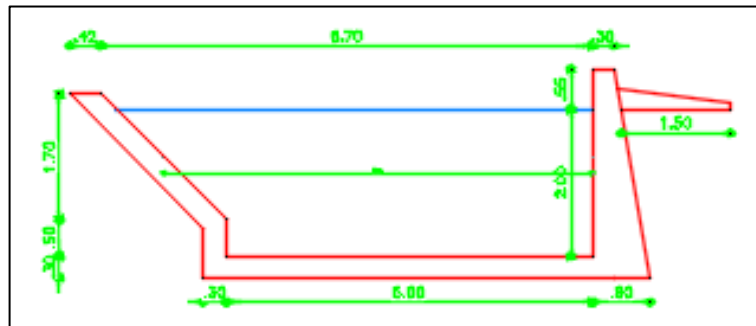
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	-------------------------------------

Figura 26. Vista de corte



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

11.3.2 NORMAS DE DISEÑO.

Para el análisis y diseño de los elementos estructurales se siguieron las siguientes normas:

- Reglamento Colombiano de Normas Sismo Resistentes NSR – 10

11.3.3 MODELO ANALÍTICO.

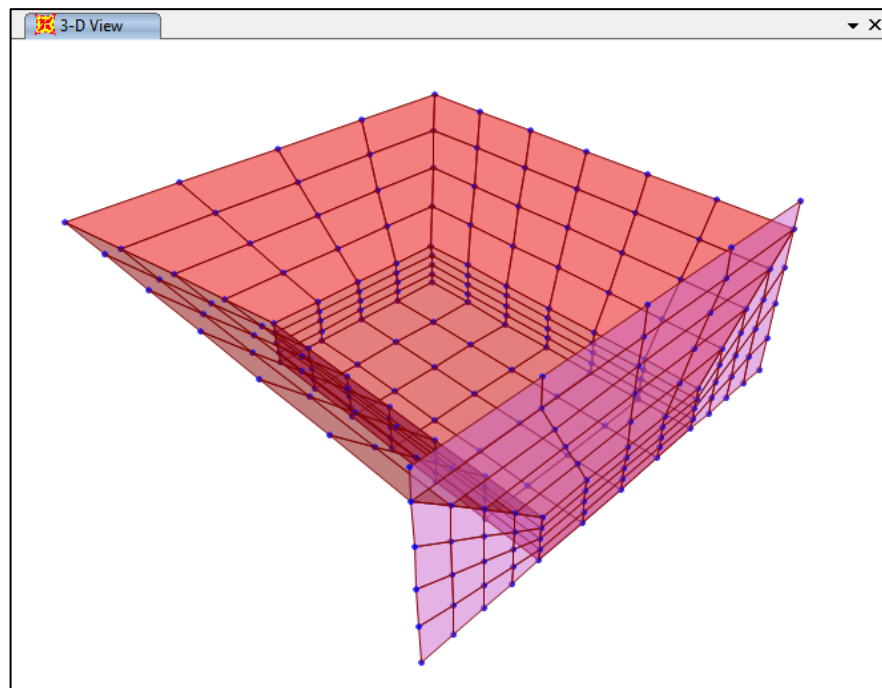
El modelo para el análisis de la estructura fue realizado utilizando el software de análisis y diseño SAP2000; los elementos utilizados corresponden a elementos finitos tipo “Shell” para modelar muros y placas y elementos tipo “frame” para modelar las vigas. Todos los elementos que componen la estructura (losas, muros y vigas) se modelaron en concreto de 28 MPa. El empuje del agua se modeló utilizando Joint Patterns en los muros. En el caso de la interacción suelo – estructura, la estructura está apoyada sobre springs en áreas, que simulan el módulo de reacción del terreno de acuerdo a las recomendaciones dadas por el estudio de suelos.

Los casos de carga considerados en el diseño de la estructura correspondieron a:

- Cargas muertas (peso propio).
- Carga viva.
- Cargas producto de presiones hidrostáticas.
- Presión lateral del suelo

A continuación, se puede observar el modelo desarrollado para el análisis y diseño de la estructura:

Figura 27. Modelo de análisis y diseño de la estructura



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

11.3.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

En cumplimiento de las normas en mención, las especificaciones de los materiales son las siguientes:

Tabla 39. Especificaciones de los materiales

Concreto: $f'_c =$	28 MPa (280 kg/cm²)
Acero de refuerzo: $f_y =$	420 MPa (4200 kg/cm²)

Fuente: Propia de los autores.

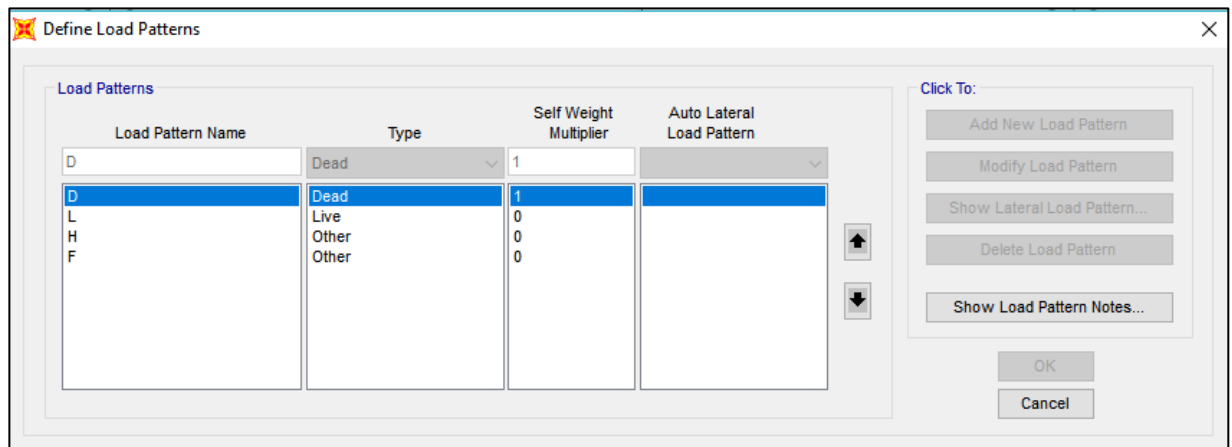
11.3.5 AVALUÓ DE CARGAS.

A continuación, se muestran todas las cargas que se asignaron al modelo y como se realizó su implementación.

11.3.5.1 CARGA MUERTA (D).

El peso propio de la estructura es evaluado directamente por el programa mediante la herramienta SELFWEIGHT.

Figura 28. Asignación de la carga muerta (D) sobre la estructura

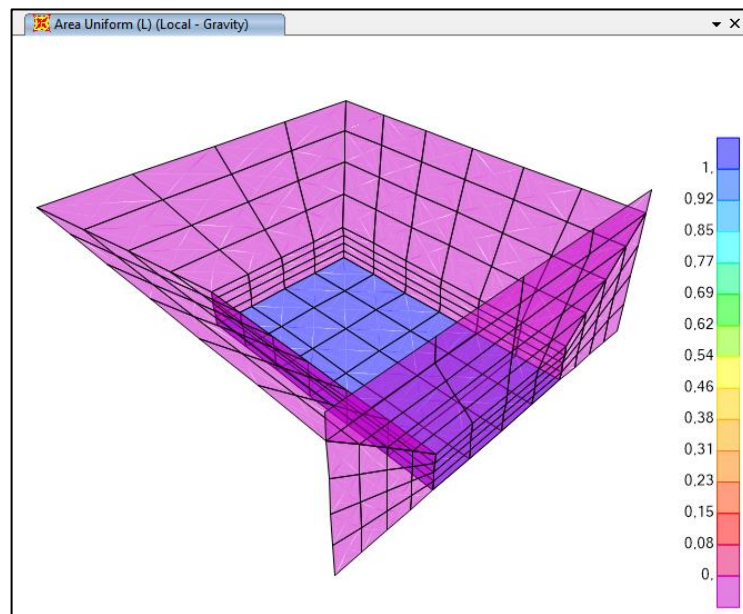


Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

11.3.5.2 CARGA VIVA (L).

Se considera una carga viva de 1.00 KN/m² (100 Kg/m²) para todos los lugares en las que pueda haber desplazamiento de personas.

Figura 29. Carga viva (L) sobre la estructura (kN/m²)



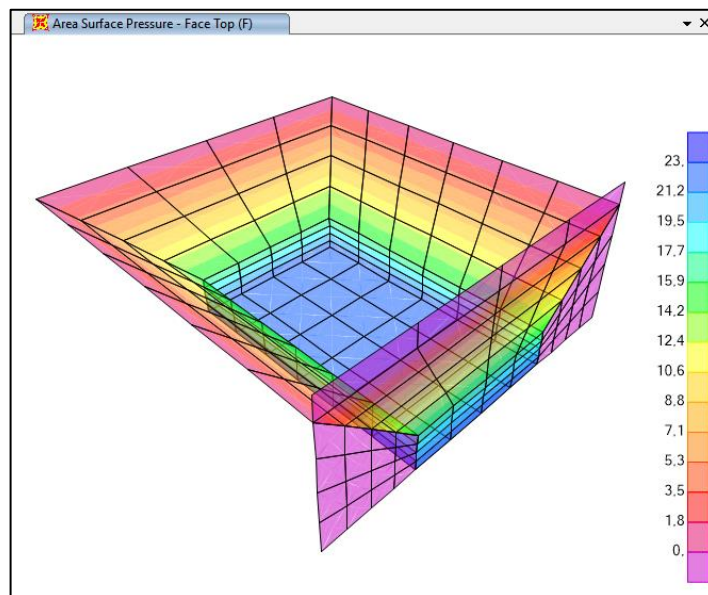
Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.



11.3.5.3 PRESIÓN HIDROSTÁTICA.

Para las placas inferiores y los muros se define el peso del agua y el empuje del agua teniendo en cuenta el nivel máximo de agua, tal y como se muestra en la figura:

Figura 30. Empuje hidrostático del agua (kN/m^2)

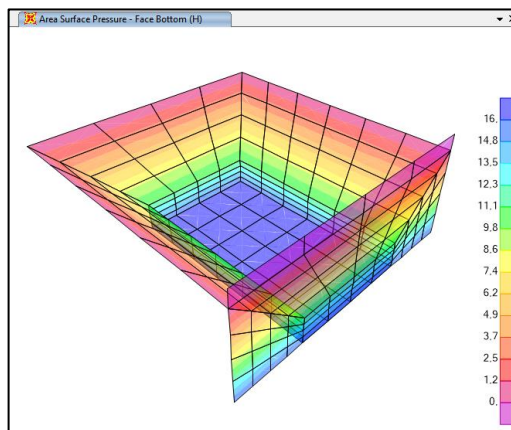


Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

11.3.5.4 PRESIÓN LATERAL DEL SUELO (H).

Para las placas inferiores y los muros se define el empuje lateral del suelo, de acuerdo con el nivel máximo de relleno, tal y como se muestra en la figura:

Figura 31. Empuje lateral del suelo (kN/m^2)

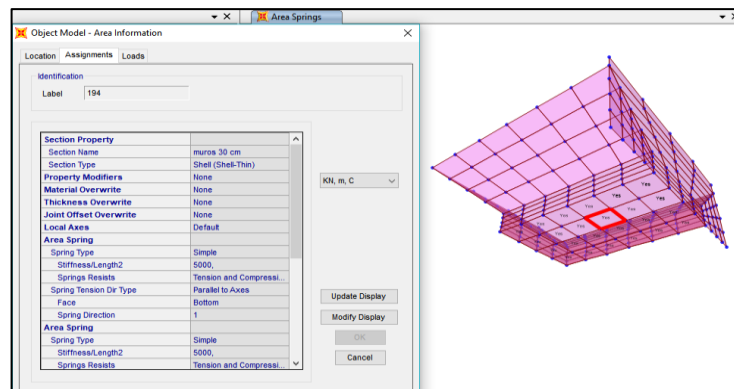


Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.


11.3.6 RESTRICCIONES Y APOYOS.

La estructura se modela apoyada sobre resortes distribuidos en la placa de fondo; cuya constante K_s depende de las características del estrato de cimentación.

Figura 32. Distribución de resortes en la placa de fondo (kN/m^3)



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	----------------------------------

11.3.7 CASOS Y COMBINACIONES DE CARGA.

A continuación, se presentan los casos y las combinaciones de carga a considerar:

Tabla 40. Casos de carga NSR-10

D	Cargas muertas, o momentos y fuerzas relacionados.
F	Cargas causadas por peso y presión de fluidos, con densidades definidas y pesos máximo controlable, o momentos y fuerzas relacionados.
T	Temperatura, efectos acumulativos de temperatura, contracción y asentamientos diferenciales.
L	Cargas vivas, o momentos y fuerzas relacionados.
H	Cargas debidas al peso y presión del suelo, agua en el suelo u otros materiales, o momentos y fuerzas relacionados.
Lr	Carga viva en el techo, o momentos y fuerzas relacionados.
S	Nieve, o momentos y fuerzas relacionados.
R	Lluvia, o momentos y fuerzas relacionados.
W	Viento, o momentos y fuerzas relacionados.
E	Cargas de sismo, o momentos y fuerzas relacionados.

Fuente: NSR10.

11.3.7.1 COMBINACIONES DE CARGA.

Las combinaciones de carga definidas son:

- $U = 1.4(D + F)$ (9-1)
- $U = 1.2(D+F+T)Z+1.6(L+H)+0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$ (9-2)
- $U = 1.2D+1.6(Lr \text{ o } S \text{ o } R)+(1.0L \text{ o } 0.8W)$ (9-3)
- $U = 1.2D+1.6W+1.0L+0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$ (9-4)
- $U = 1.2D+1.2F+1.0E+1.6H+1.0L+0.2S$ (9-5)
- $U = 0.9D+1.2F+1.6W+1.6H$ (9-6)
- $U = 0.9D+1.2F+1.0E+1.6H$ (9-7)

11.3.7.2 DEFINICIÓN DE CARGAS EN EL MODELO (LOAD PATTERN)

Las cargas definidas en el modelo son:

Tabla 41. Cargas definidas en el modelo (load pattern)

TABLE: Load Pattern Definitions		
LoadPat	DesignType	SelfWtMult
Text	Text	Unitless
D	Dead	1
L	Live	0
H	Other	0
F	Other	0

Fuente: Propia de los autores.

11.3.7.3 CASOS DE CARGA DEFINIDOS POR EL MODELO.

Los casos de carga definidos en el modelo son:

Tabla 42. Casos de carga (Load case)

TABLE: Load Case Definitions			
Case	Type	InitialCond	AutoType
Text	Text	Text	Text
D	LinStatic	Zero	None
MODAL	LinModal	Zero	None
L	LinStatic	Zero	None
H	LinStatic	Zero	None
F	LinStatic	Zero	None

Fuente: Propia de los autores.

11.3.7.4 COMBINACIONES DE CARGA DEFINIDAS EN EL MODELO.

A partir de las cargas anteriormente definidas y de las condiciones de operación, funcionamiento y de sitio, se asignaron las combinaciones de carga en el modelo tal y como se muestra a continuación:

Tabla 43. Combinaciones de carga (Combination definitions)


TABLE: Combination Definitions			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
U-1	Linear Add	D	1.4
U-1		F	1.4
U-2	Linear Add	D	1.2
U-2		F	1.2
U-2		L	1.6
U-2		H	1.6
U-3	Linear Add	D	1.2
U-3		L	1
U-6	Linear Add	D	0.9
U-6		H	1.6
ENVOLVENTE	Envelope	U-1	1
ENVOLVENTE		U-2	1
ENVOLVENTE		U-3	1
ENVOLVENTE		U-6	1

Fuente: Propia de los autores.

11.3.8 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

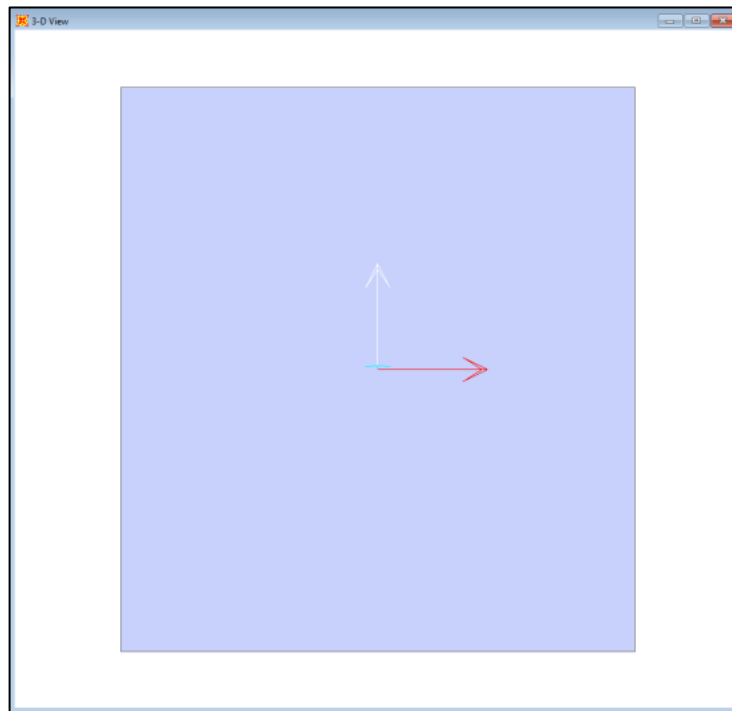
Para cada elemento se consignan los diagramas de fuerzas internas (máximos momentos y cortantes, últimos y de servicio) obtenidos en el análisis estructural. Los valores consignados en paréntesis corresponden a la condición de servicio.

El diseño estructural se realiza por medio del método del estado límite de resistencia y teniendo en cuenta las recomendaciones de la NSR-10.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

Para el diseño, la dirección de los ejes locales (dirección 1 y 2) que se asignaron en el modelo, se muestran a continuación:

Figura 33. Dirección ejes locales de placa de fondo



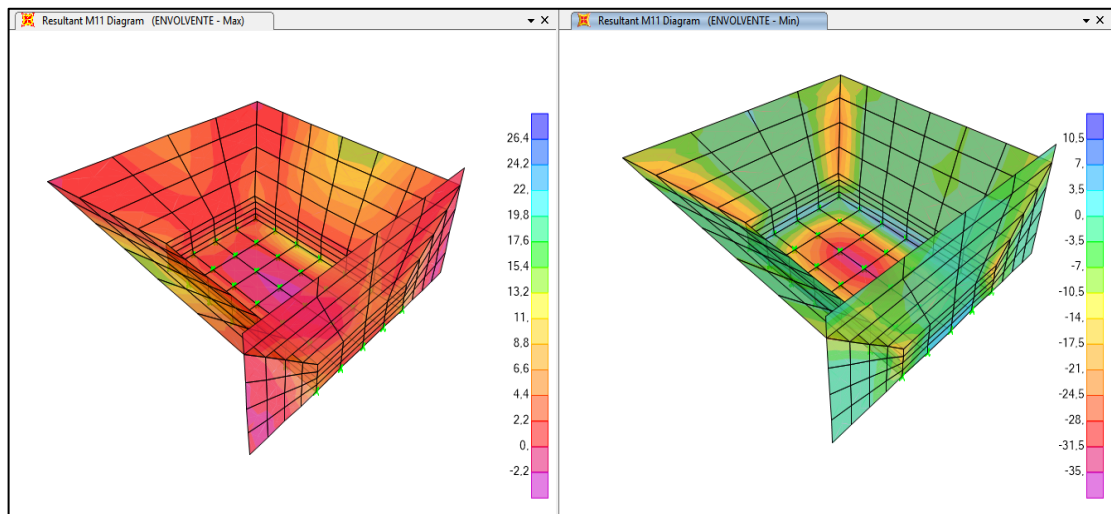
Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.



11.3.8.1 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA $e=0.30$.

- **Resultados Momentos M11**

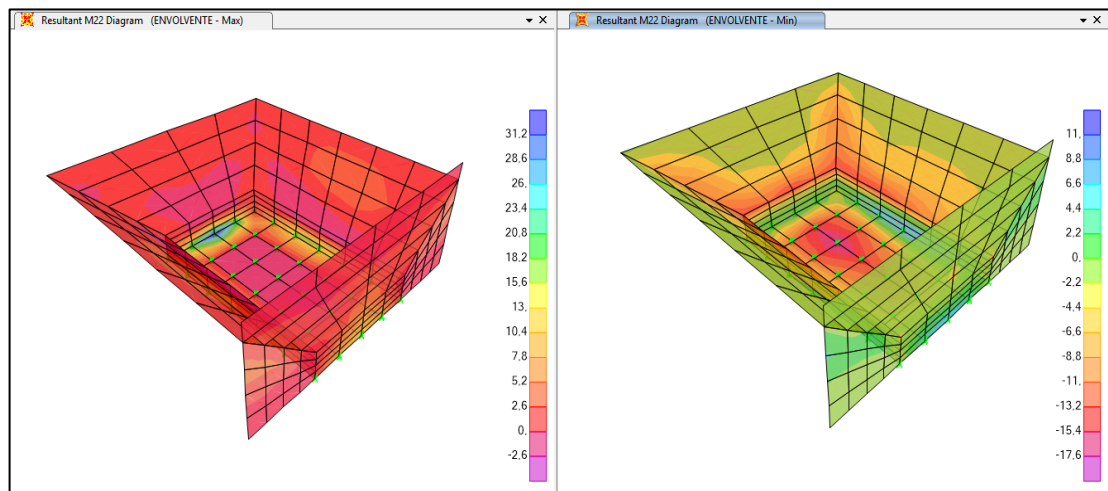
Figura 34. Momentos máximos +M11 y -M11 respectivamente – placa de fondo



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

- **Resultados Momentos M22**

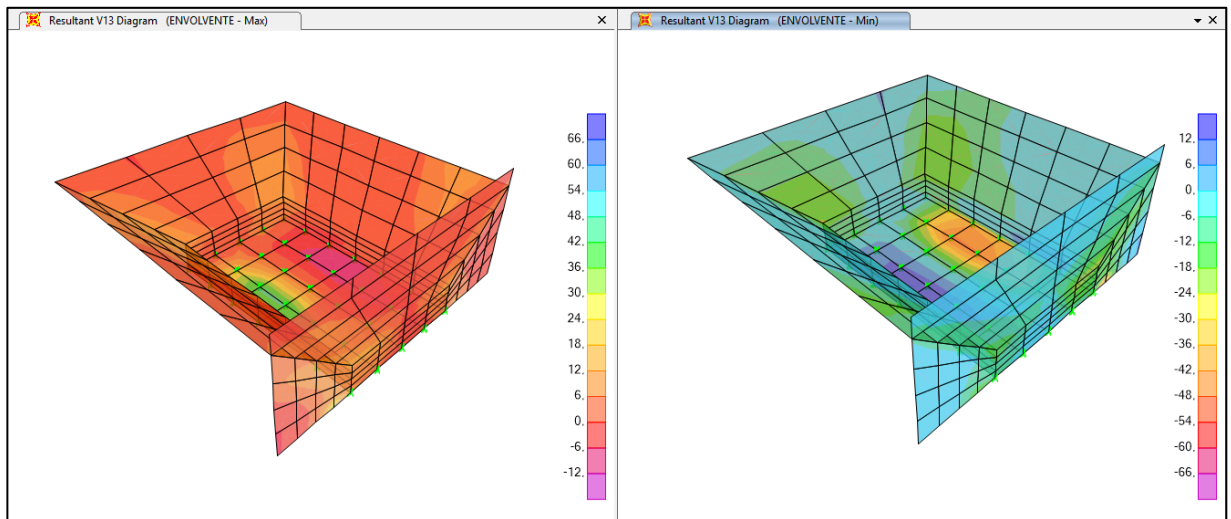
Figura 35. Momentos máximos +M22 y -M22 respectivamente – placa de fondo



Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.

- **Resultados cortantes V13**

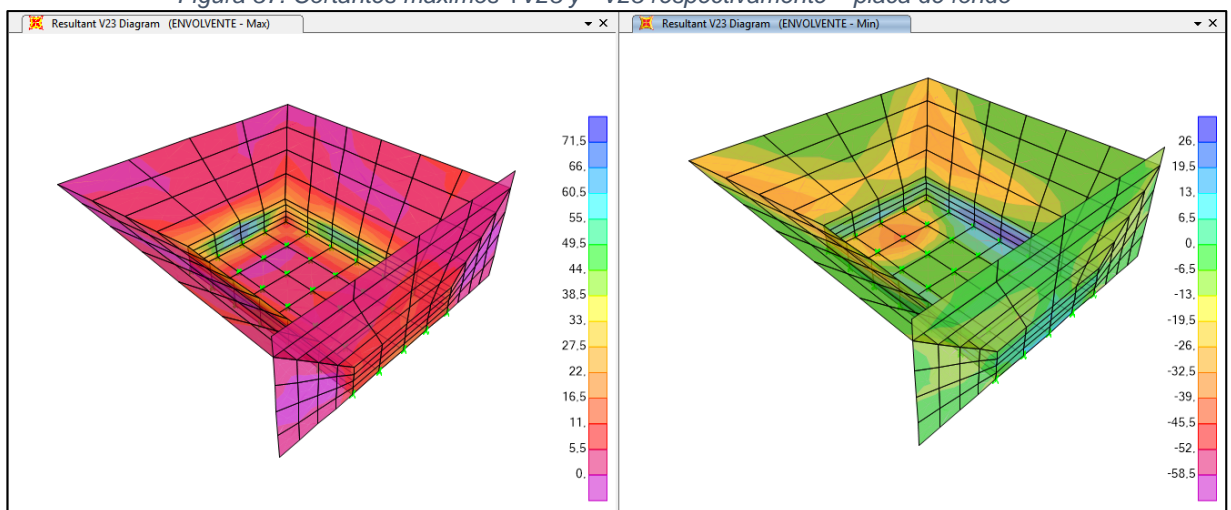
Figura 36. Cortantes máximos +V13 y -V13 respectivamente – placa de fondo




- *Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.*

- **Resultados cortantes V23**


Figura 37. Cortantes máximos +V23 y -V23 respectivamente – placa de fondo



- *Fuente: Propia De los autores, SAP2000 19.*

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--


Las cuantías de acero de refuerzo obtenidas por medio del modelamiento estructural antes detallado se muestran en el Anexo 6 junto a las cantidades de obra necesarias para la construcción de la estructura

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---


12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

12.1 CONCLUSIONES

- Mediante la visita técnica a la Ciudad de Panamá fue un punto de partida interesante e importante, con el fin de consolidar una idea clara, para la aplicación mitigación y creación de una nueva estructura capaz de solucionar un problema de tipo social.
- A partir de los resultados del estudio hidrológico se concluye que el balance hídrico es desfavorable evidenciando un régimen de evapotranspiración mayor a comparación de la precipitación, demostrando la poca disponibilidad de agua para efectuar su captación y almacenamiento.
- El uso actual de la estructura no es viable por las razones antes comentadas sin embargo, se deja el bosquejo de un posible diseño y el análisis hídrico en caso de ser replanteada la idea para otro uso o zona de aplicación.
- Con base en el estudio hidrológico se determinó un caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años de $0.03596 \text{ m}^3/\text{s}$ ó 35.96 L/s .
- Según el estudio de precipitación los meses con más lluvia son mayo y octubre, y los meses más secos del año son enero y diciembre.
- Para evitar pérdidas de agua por infiltración se establece la utilización de concreto con un $f'c = 28 \text{ MPa}$.
- El diseño de la estructura queda como base para un posterior diseño de conducción y riego de cultivos. Al igual que el estudio hidrológico y el planteamiento de diseño serviría como insumo para un cambio de uso como suplir demanda de agua agrícola, pecuaria entre otras.
- Podemos observar que así se delimite una cuenca específica en una determinada área y no se posea mucha información o recursos, se puede


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

plantear y hacer uso de metodologías para sacar el máximo provecho a la información existente y lograr realizar análisis significativos.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

12.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de obras complementarias situadas perimetrales aguas arriba a la estructura que actúen para la retención de sedimentos, puede ser cabeceo de cárcavas, presas filtrantes de cualquier material como costales, gaviones, piedra acomodada, troncos o ramas entre otros.
- Para la construcción de la estructura se sugiere colocar bajo la misma concreto de limpieza $f'c=14$ MPa de 5 cms. de espesor.
- Se deberá llevar a cabo un estudio más a fondo de la parte de diseño estructural ya que el presente documento se enfoca en el estudio hidrológico y diseño hidráulico.
- Cualquier modificación de uso de la estructura debe ser analizada puesto que la demanda requerida cambiaría y por consiguiente las dimensiones también.
- Se recomienda el siguiente protocolo el cual puede servir de base para estudios posteriores, relacionados con la viabilidad del diseño y construcción de obras de captación en zonas áridas.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

PROPUESTA DE PROTOCOLO²⁶

PARA EVALUAR CAPACIDAD HÍDRICA POTENCIAL PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA EN ZONAS ÁRIDAS

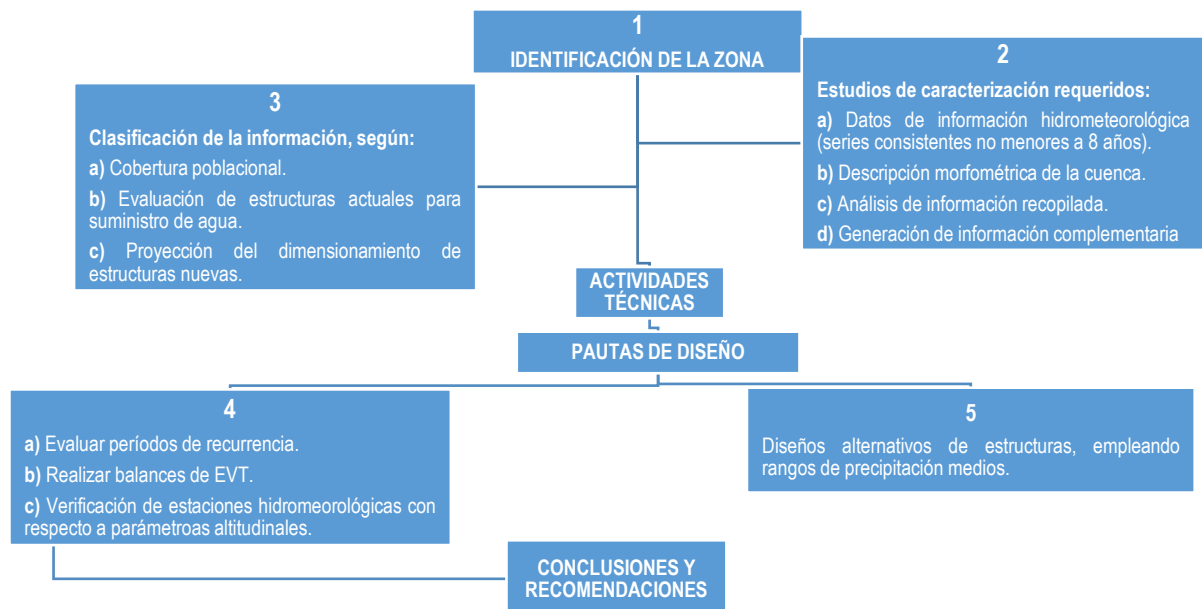



Figura 37. Propuesta de protocolo.

En la Figura 37 se presenta una propuesta de trabajo en la cual (a manera de protocolo) se realizaron las principales actividades a seguir, en el proceso tendiente al diseño de una estructura hidráulica de captación y/o contención de agua para proyecto de suministro en zonas áridas; la explicación y ampliación de conceptos sobre el proceso sugerido en la Figura 37, es la siguiente:

²⁶ FUENTE PROPIA AUTORES DEL PRESENTE TRABAJO.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA.

Como zona árida se tiene a aquella región la cual se puede encontrar por debajo de los 45 m. s. n. m., caracterizada por muy escasa precipitación anual y con un alto porcentaje de resequedad en el terreno; el nivel freático se encuentra muy por debajo y para que el agua lluvia llegue a la zona de recarga requiere de varios eventos de lluvias seguidos, hasta saturar las primeras capas. La anterior descripción se asemeja bastante a la zona de estudio del presente trabajo.


2. ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN REQUERIDOS.

a) Datos de información hidrometeorológica (series consistentes no menores a 8 años). Determinar con la existencia de las estaciones hidrometeorológicas de la zona de estudio, la conveniencia del empleo de las estaciones o por el contrario, la utilización de otras estaciones cercanas; para nuestro caso se decidió hacer esto, y es la razón por la cual la más viable (por altitud y representatividad) resultó ser la de Carmen de Bolívar.

b) Descripción morfométrica de la cuenca. Evaluar las propiedades del área delimitada en la cuenca; esto ayudará a determinar el cumplimiento de los principales parámetros los cuales se relacionan estrechamente con el condicionamiento hidrológico.

c) Análisis de información recopilada. Consiste en determinar la validez de la información recopilada, especialmente en lo que tiene que ver con la representatividad de los datos como de su consistencia; en nuestro caso se trabajó directamente con la asesoría de la Oficina de Pronósticos del IDEAM, en la cual se validaron conjuntamente los datos referidos.

d) Generación de información complementaria. En caso necesario se deben hacer estudios para complementación y generación de datos a futuro; puede resultar un método arriesgado en caso de que no se evalúen apropiadamente las variables, lo cual puede incidir en sobredimensionamientos

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

3. CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.


Es importante hacer una clasificación de la información, de acuerdo con los siguientes parámetros:

- a) **Cobertura poblacional.** Consiste en realizar estudios de antecedentes poblacionales (para el caso, fuente DANE), y se desarrollan metodologías apropiadas para proyectar la población actual hacia población futura, y así obtener el potencial de cobertura.
- b) **Evaluación de estructuras actuales para suministro de agua.** Verificar la existencia de acueductos y otras fuentes de toma las cuales servirán como estructura de suministro a la población. Se resalta que para la población de San Jacinto (Bolívar), se carece de sistema de acueducto convencional, ya que el suministro de
- c) **Proyección del dimensionamiento de estructuras nuevas.** Se hace (casi en su totalidad), empleando carro-tanques.

ACTIVIDADES TÉCNICAS → **PAUTAS DE DISEÑO**

PASO 4. PLATAFORMA DE EVALUACIÓN / VERIFICACIÓN.

Consiste en revisar minuciosamente la información recopilada y los resultados obtenidos con simulación hidrológica. Uno de los parámetros más importantes es la adecuada escogencia del período de retorno (para nuestro caso es de 10 años); también es importante determinar la precipitación escogida como base de diseño, siendo la más recomendable la relacionada con valores promedios.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

PASO 5. PLATAFORMA DE DISEÑO.

Consiste en determinar los tipos de estructuras hidráulicas más convenientes; para el caso de zonas áridas, se debe tener muy en cuenta resultados de evapotranspiración, ya que, en caso de ser negativa, se requerirán más tiempos (o períodos progresivos) para el llenado de las estructuras de captación y almacenamiento.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Referir particularmente aquellos conceptos técnicos asociados con los tipos de estructuras más convenientes, siempre ligados a resultados de dimensionamiento hidráulico, los cuales primordialmente se relacionan con estudios hidrológicos (agua precipitable, balances hídricos, procesos de evapotranspiración, etc.).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

13 Bibliografía

ACODAL ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Alcaldía de San Jacinto - Bolívar. Municipio/Ecología

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Censo general

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL SAN JACINTO BOLIVAR 2016-2019, Abraham Antonio Kamell Yaspe 2016.

Silva, Gustavo Hidrología en cuencas pequeñas con información escasa.

Otras fuentes consultadas

Suárez, Jaime. Diseño de Obras en Gaviones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Braja M. Das. Principios de ingeniería de Cimentaciones. Internacional Thomson Editores

M. Acevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez “Manual de Hidráulica”. Harla. México.

Roberto Rochel A. “Hormigón Reforzado I y II. Editorial Digital Express.

Manufacturas del cemento. Tuberías Titán. Estudio para Instalación de Tuberías de Concreto en Condición de Zanja y Terraplén. Bogotá


Dassel E. Hallmark, P. E. and John G. Hendrickson. “Earth and traffic load and conduits”. Water Resources Technical. USA

Engineer Manual. “Conduits Culverts and Pipe”. Department of US. Army.

P.C.A. Portland Cement Association. “Rectangular Concrete Tanks”. USA.

U.S Department of the Interior Bureau Reclamation. “Design of small canal structure”. Water Resources Technical.

Department of. the Interior. “Design of Small Dams” Bureau Reclamation.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	--	---

M. Acevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez “Manual de Hidráulica”. Harla. México.


Manufacturas del cemento. Tuberías Titán. Estudio para Instalación de Tuberías de Concreto en Condición de Zanja y Terraplén. Bogotá

Dassel E. Hallmark, P. E. and John G. Hendrickson. “Earth and traffic load and conduits”. Water Resources Technical. USA

Engineer Manual. “Conduits Culverts and Pipe”. Department of US. Army.

Department of. the Interior. “Design of Small Dams” Bureau Reclamation.M. Acevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez “Manual de Hidráulica”. Harla. México.

Adicionalmente a la bibliografía antes mencionada se trabajará con el software aplicado y específico para estructuras hidráulicas y todo su entorno de diseño. Parte del trabajo se realizará en el Centro de Modelamiento del IDEAM.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO (BOLIVAR)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 0</p>
---	--	--

ANEXOS

Anexo 1. Cartografía general María la baja, Departamento de Bolívar Sucre.

Anexo 2. Carmen de Bolívar, Departamento de Bolívar Sucre.

Anexo 3. San Pedro, Departamento de Bolívar Sucre

Anexo 4. Tabla radiación solar extraterrestre.

Anexo 5. Dimensionamiento de la estructura.

Anexo 6. Diseño estructural de la estructura.