

# UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA"

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la Obtención del Título de:

#### **INGENIERA CIVIL**

#### **AUTOR:**

MADELAINE MICHELLE CATUTO QUINDE

#### **TUTOR:**

ING. FRANCISCO JAVIER MONTALVÁN TOALA, PhD.

La Libertad-Ecuador 2020

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por MADELAINE MICHELLE CATUTO QUINDE como requerimiento para obtención del título de INGENIERA CIVIL.

TUTOR

F\_ Montalvant.

Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD.

La Libertad, a los 27 días del mes de noviembre del año 2019

## **APROBACIÓN DE TUTOR**

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación "MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por la estudiante MADELAINE MICHELLE CATUTO QUINDE, egresada de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD.

La Libertad, a los 27 días del mes de noviembre del año 2019

#### **DECLARACIÓN DE RESPONSABIBLIDAD**

Yo, Catuto Quinde Madelaine Michelle.

**DECLARO QUE:** 

El trabajo de titulación, "MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA", previo a la obtención del Título de INGENIERA CIVIL, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de titulación referido.

La Libertad, a los 27 días del mes de noviembre del año 2019

Madelaine Michelle Catuto Quinde

f. Madelegan Catolo a

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, Catuto Quinde Madelaine Michelle

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, "MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

La Libertad, a los 27 días del mes de noviembre del año 2019

f. Macaganteero

Madelaine Michelle Catuto Quinde

#### **CERTIFICADO ANTIPLAGIO**

#### 001-D59605046-FJMT-2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por la estudiante CATUTO QUINDE MADELAINE MICHELLE egresados de la CARRERA DE INGENIERIA CIVIL, de la facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERIA de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERA CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 5% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

ING. FRANCISCO JAVIER MONTALVÁN TOALA

C.I. 0918533415 **DOCENTE TUTOR** 

AMontalvant.

#### **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios por permitirme estar con salud y vida y guiarme en el cumplimiento de mis objetivos profesionales y personales.

A mi tutor Ing. Francisco Javier Montalván de hacer posible este proyecto de tesis por su paciencia y apoyo intelectual y moral.

A mi exesposo por brindarme su apoyo incondicional en gran parte de mi formación estudiantil y profesional.

A mis compañeros, amigos y allegados que me alentaron en que no me dé por vencida, ese ¡no desmayes que tu si puedes! desde nuestros inicios universitarios.

Al señor Gilberto, que me enseña a ser una mujer diferente con éxitos y fracasos, con valores como la honestidad y honradez.

A aquellos docentes que no fueron egoístas en su enseñanza y dieron todo de sí en las aulas durante mis cinco años de estudio.

Madelaine Catuto

#### **DEDICATORIA**

Dedico este título a mi madre Silvia Catuto, a mi segunda madre Nemesia Quinde por haberme inculcado buenos valores y deseos de superación profesional.

A mis hijos Hillary y Emiliano los que me dan fuerzas cada día para seguir adelante y en futuro no muy lejano sean mejor que nosotros sus padres.

A mis hermanos Lili, Roberth, Henrry, Kristel, Genesis y Jair para que jamás dejen de luchar por lo que quieren por muchos obstáculos que se les presenten en la vida, nada es imposible cuando se tiene deseos, ganas y esfuerzo.

Madelaine Catuto

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. was and
ING. GARGES VARGAS JUAN, MSc.
DECANO DE LA FACULTAD
f. amag
ARQ. RUBIRA GÓMEZ GILDA, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA
f. Neoutro 6.
ING. PROAÑO CADENA GASTON, MSc.

AB. VICTOR CORONEL ORTIZ, MSc. SECRETARIO GENERAL

COORDINADOR O DOCENTE DE AREA

# **ÍNDICE GENERAL**

AGRA	DECIMIENTO	vi
DEDIC	CATORIA	vii
TRIBU	INAL DE SUSTENTACIÓN	viii
ÍNDICI	E GENERAL	ix
ÍNDICI	E DE FIGURAS	xii
ÍNDICI	E DE TABLAS	xvii
RESU	MEN	xix
ABST	RACT	xx
PRESI	ENTACIÓN	1
CAPÍT	ULO I	2
1.	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Planteamiento del Problema	3
1.2	Justificación	4
1.3	Alcance	5
1.4	Metodología	5
1.5	Objetivos	7
CAPÍT	ULO II	8
2.	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	8
2.1	Ubicación de la cuenca del río Manglaralto	8
2.2	Base de datos e información disponible del río Manglaralto	9
2.3	Análisis de la Cuenca	12
2.3.1	Variables Topográficas y Morfológicas de la Cuenca	12
2.3.2	Red hidrográfica y parámetros relativos de drenaje	13
2.4	Características Físicas de las Subcuencas de Drenaje	15
2.5	Uso de suelo	17
2.6	Tipo de Suelo	19
2.7	Situación actual de la cuenca del Río Manglaralto	20
2.8	Situación natural de la cuenca del Río Manglaralto	21
2.9	Uso futuro de suelo (T= 50)	22
2.10	Información climatológica	23
2.10.1	Temperatura	24
2.10.2	Evapotranspiración	25
2.10.3	Viento	27

2.10.4	Humedad relativa,	28
2.10.5	5 Heliofanía	29
2.10.6	Nubosidad	30
2.10.7	7 Precipitación	31
2.11	Información hidrológica e hidráulica	31
2.11.1	Características físicas del tramo de Estudio	32
2.12	Obras Hidráulicas	33
CAPÍ	TULO III	35
3.	PROCESOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS ASOCIADOS	CON
LA FC	DRMACIÓN DE CRECIDA Y PROPAGACIÓN DE CAUDALES	35
3.1	Caracterización del cauce del río Manglaralto	35
3.2	Cuencas de análisis	37
3.2.1	Cuenca Alta	37
3.2.2	Cuenca Baja	38
3.2.3	Cuenca Media	37
3.2.4	Integración de las Cuencas de Análisis	39
3.3	Modelación Hidrológica de la relación Lluvia-Escurrimiento	39
3.3.1	Método de Relación Lluvia-Escurrimiento	39
3.3.2	Lluvias Intensas-Periodo de Diseño	40
3.4	Hietograma de Precipitación de Diseño con relación IDF	41
3.4.1	Método del Bloque Interno	41
3.4.2	Tiempo de Concentración	44
3.4.3	Tiempo de Retardo	44
3.4.4	Hidrogramas Unitario	45
3.4.4.	1 Hidrogramas Unitario Sintético – Adimensional SCS	45
3.4.5	Tránsito de Crecientes	46
3.4.5.	1 Método de Muskingum – Ecuación de Momentum	46
3.4.5.	2 Parámetro Subreaches HEC HMS	47
3.5	Umbral de Escorrentía-Número de Curva por el método SCS	47
3.6	Descripción del programa HEC-HMS 4.3	49
3.7	Información requerida por el programa HEC-HMS	50
3.7.1	Componente Modelo Base (Basin Model)	50
3.7.2	Time-Series Data Manager	53
3.7.3	Meteorologic Model Manager	53

3.7.4	Control Specifications Manager	54
3.8	Metodología para Simulación de Inundaciones	55
3.8.1	Archivo DEM	56
3.8.2	HEC Geo RAS	56
3.8.3	Coeficiente De Manning (η)	57
3.8.4	Coeficiente de Perdida de Energía	58
3.9	Descripción del programa HEC RAS	59
3.10	Datos requeridos por el programa HEC RAS	59
3.10.1	Geometry Data	60
CAPÍ	TULO IV	61
4.	DEFINICIÓN DE ESCENARIOS PARA LA MODELACIÓN	61
4.1	Escenarios del Modelo	61
4.1.1	Escenario 1	61
4.1.2	Escenario 2	71
4.1.3	Escenario 3	80
CAPÍ	ΓULO V	89
5.	RESULTADOS: MAPAS DE AMENAZA DE INUNDACIÓN	89
5.1	Modelación Hidrodinámica	90
CAPÍ	ΓULO VI	100
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
6.1	Conclusiones	100
6.2	Recomendaciones	101
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANFX	OS	105

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura: 1 Diagrama de flujo de Metodología	6
Figura 2: Geología Simplificada de la Cordillera-Chongón-Colonche	8
Figura 3: Ubicación del Cuenca de Río Manglaralto	9
Figura 4: Río Manglaralto Sector-Dos Mangas	13
Figura 5: Cuenca Manglaralto y sus ramales de agua	14
Figura 6: Distribución de Subcuencas de Drenaje	16
Figura 7: Uso de suelo de la cuenca del río Manglaralto	18
Figura 8: Mapa geomorfológico	19
Figura 9: Escala de Temperatura	24
Figura 10: zona costera-Manglaralto	32
Figura 11: Diques en el desarrollo del cauce del Río Manglaralto	34
Figura 12: Subcuencas de Cuenca alta Manglaralto	37
Figura 13: Tramo de Cuenca Baja	38
Figura 14: Tramo de cuenca media	38
Figura 15: Tramos principales de río Manglaralto	39
Figura 16: Diagrama de la precipitación durante una tormenta	40
Figura 17: Hietograma Situación Actual – Situación Natural	42
Figura 18: Hietograma de Situación Futura	43
Figura 19: Almacenamiento por prisma y cuña del tramo de un canal .	47
Figura 20: Estimación Inicial de Escorrentía	49
Figura 21: Parámetros Meteorológicos	54
Figura 22: Control Specification	54
Figura 23: Esquema gráfico de datos obtenidos con HEC RAS	55

Figura 24: Modelo de Elevación Dinámica – S01W081	56
Figura 25: Generación de geografía con Hec GeoRAS	57
Figura 26: Ejemplo de simulación de mapas de inundación HEC RAS	59
Figura 27: Exportación de geometría a HEC RAS	60
Figura 28: Hidrograma subcuenca 1	64
Figura 29: Hidrograma subcuenca 2	64
Figura 30: Hidrograma subcuenca 3	64
Figura 31: Hidrograma subcuenca 5	64
Figura 32: Hidrograma subcuenca 6	66
Figura 33: Hidrograma subcuenca 4	66
Figura 34: Hidrograma Subcuenca 13	66
Figura 35: Hidrograma Subcuenca 16	66
Figura 36: Hidrograma Subcuenca 10	67
Figura 37: Hidrograma Subcuenca 11	67
Figura 38: Hidrograma Subcuenca 7	67
Figura 39: Hidrograma Subcuenca 8	67
Figura 40: Hidrograma Subcuenca 9	68
Figura 41: Hidrograma Subcuenca 12	68
Figura 42: Hidrograma Subcuenca 14	68
Figura 43: Hidrograma Subcuenca 15	68
Figura 44: Hidrograma Subcuenca 17	70
Figura 45: Hidrograma Subcuenca 18	70
Figura 46: Hidrograma Subcuenca 19	70
Figura 47: Hidrograma de Subcuenca 1	73
Figura 48: Hidrograma de Subcuenca	. 73

Figura 49: Hidrograma de Subcuenca	73
Figura 50: Hidrograma de Subcuenca	73
Figura 51: Hidrograma subcuenca 6	75
Figura 52: Hidrograma subcuenca 4	75
Figura 53: Hidrograma Subcuenca 13	75
Figura 54: Hidrograma Subcuenca 16	75
Figura 55: Hidrograma Subcuenca 10	76
Figura 56: Hidrograma Subcuenca 11	76
Figura 57: Hidrograma Subcuenca 7	76
Figura 58: Hidrograma Subcuenca 8	76
Figura 59: Hidrograma Subcuenca 9	77
Figura 60: Hidrograma Subcuenca 12	77
Figura 61: Hidrograma Subcuenca 14	77
Figura 62: Hidrograma Subcuenca 15	77
Figura 63: Hidrograma Subcuenca 17	79
Figura 64: Hidrograma Subcuenca 18	79
Figura 65: Hidrograma Subcuenca 19	79
Figura 66: Hidrograma Subcuenca 1	82
Figura 67: Hidrograma Subcuenca 2	82
Figura 68: Hidrograma Subcuenca 3	82
Figura 69: Hidrograma Subcuenca 5	82
Figura 70: Hidrograma subcuenca 6	84
Figura 71: Hidrograma subcuenca 4	84
Figura 72: Hidrograma Subcuenca 13	84
Figura 73: Hidrograma Subcuenca 16	84

Figura 74: Hidrograma Subcuenca 10	. 85
Figura 75: Hidrograma Subcuenca 11	. 85
Figura 76: Hidrograma Subcuenca 7	. 85
Figura 77: Hidrograma Subcuenca 8	. 85
Figura 78: Hidrograma Subcuenca 9	. 86
Figura 79: Hidrograma Subcuenca 12	. 86
Figura 80: Hidrograma Subcuenca 14	. 86
Figura 81: Hidrograma Subcuenca 15	. 86
Figura 82: Hidrograma Subcuenca 17	. 88
Figura 83: Hidrograma Subcuenca 18	. 88
Figura 84: Hidrograma Subcuenca 19	. 88
Figura 85: Significado de los Mapas de Inundación	. 89
Figura 86: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.N	. 91
Figura 87: Máximo caudal sección 1050 S.N	. 91
Figura 88: Mínimo Caudal sección 1050 S.N	. 92
Figura 89: Velocidad de la sección 1050 S.N.	. 93
Figura 90: Lámina de agua Situación Natural S.N	. 93
Figura 91: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.A	. 94
Figura 92: Puente E-15	. 94
Figura 93: Máximo caudal sección 1050 S.A	. 95
Figura 94: Mínimo caudal sección 1050 S.A	. 95
Figura 95 Velocidad de la sección 1050 S.A.	. 96
Figura 96: Lámina de agua Situación Natural S.A	. 96
Figura 97: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.F	. 97
Figura 98: Sección transversal de Dique XS 3100	. 97

Figura 99: Máximo caudal sección 3075 S.F.	98
Figura 100: Mínimo caudal sección 3075 S.F.	98
Figura 101: Velocidad de la sección 3075 S.A.	99
Figura 102: Lámina de agua Situación Natural S.F.	99

# **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Coordenadas WGS84	9
Tabla 2 Método Jerárquico De Schumm – Strahler	14
Tabla 3: Valores de índice de compacidad (Mármol, 2008)	15
Tabla 4:Pendiente media de cada subcuenca Sc	16
Tabla 5: Descripción de suelo de cada Subcuenca	19
Tabla 6: Superficie de Uso de Suelo	20
Tabla 7:Area para actividades de Uso de Suelo Actual	21
Tabla 8: Superficie de Uso de Suelo	21
Tabla 9: Área para actividades de Uso de Suelo Natural	22
Tabla 10: Superficie de uso de Suelo Futuro	22
Tabla 11: Área para actividades de Uso de Suelo Futuro	23
Tabla 12: Temperatura	25
Tabla 13: Calculo De La Evapotranspiración Actualizado	26
Tabla 14: Viento Estación Santa Elena agosto 2019	28
Tabla 15: Humedad Relativa Estación Santa Elena agosto 2019	29
Tabla 16: Coordenadas Geográficas del punto de estudio de Simulacio	ones 32
Tabla 17: Coordenadas de estructuras de paso existentes	33
Tabla 18: Coordenadas de obras futuras	33
Tabla 19: Conformación de tramos de Cuenca Manglaralto	35
Tabla 20: Valores de C, f, e	41
Tabla 21: Hietograma de precipitación de diseño utilizando las relacione	es IDF–
Situación Natural y Actual	42

Tabla 22: Datos de hietograma de precipitación de diseño utilizando I	las
relaciones IDF – Situación Futura	43
Tabla 23: Los componentes básicos para este estudio	50
Tabla 24: Área de subcuencas	50
Tabla 25: Número de Curva para Subcuenca	51
Tabla 26: Tiempo de Retardo en minutos	51
Tabla 27: Puntos clave de recolección de agua	52
Tabla 28: Valor Maskingum	52
Tabla 29: Valores del coeficiente de Manning	58
Tabla 30: Valores de Contracción y Expansión	58
Tabla 31: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación natu	ıral
	62
Tabla 32: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas	63
Tabla 33: Datos de Salida punto B	65
Tabla 34: Datos de Salida tramo B-C	69
Tabla 35: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación actual	71
Tabla 36: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas	72
Tabla 37: Datos de Salida punto B	74
Tabla 38: Datos de Salida tramo B-C	78
Tabla 39: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación futura	80
Tabla 40: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas	81
Tabla 41: Datos de Salida punto B	83
Tabla 42: Datos de Salida tramo B-C	87



# "MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA"

Autor: Madelaine Michelle Catuto Quinde Tutor: Ing. Francisco Javier Montalván Toala

#### **RESUMEN**

El proyecto de titulación tiene como propósito, realizar una modelación hidrológica del río Manglaralto, para dar a conocer los sitios con mayor riesgo por inundación únicamente por precipitaciones en la cuenca Manglaralto, dando a las autoridades gubernamentales y no gubernamentales un material de apoyo que sirve para el análisis de riesgos con tecnología de base para la planificación, y el análisis de la reducción de daños por inundaciones. Los modelos se los ha realizado para tres tipos de escenarios, escenario 1(situación natural), escenario 2 (situación actual) y escenario 3 (situación futura) en los cuales influye el valor de número de curva para cada subcuenca y la intervención de obras civiles existentes y futuras. Los cálculos de los hidrogramas de crecida se realizaron en el programa HEC HMS datos de ingreso en el programa HEC RAS para la simulación de flujo durante 24 horas, estos son modelos matemáticos basados en la metodología de servicio de conservación de suelo SCS realizados por el Instituto del Ejercito de los Estados Unidos utilizados para prevenir y mitigar impactos de sucesos naturales.

**Palabras claves:** Modelos matemáticos, mapas, inundaciones, cuencas hidrográficas, hidrogramas, precipitaciones.



# "HYDROLOGICAL MODELING OF THE MANGLARALTO RIVER FOR THE GENERATION OF FLOOD MAPS OF THE MANGLARALTO PARISH PROVINCE OF SANTA ELENA"

**Author:** Madelaine Michelle Catuto Quinde **Tutor:** Ing. Francisco Javier Montalván Toala

#### **ABSTRACT**

The project aims to make a hydrological modeling of the Manglaralto River, to know the sites with the highest risk of flooding only due to rainfall in the Manglaralto Basin, providing government and non-governmental authorities with a support material that serves to analyze risks with basic technology for planning, and analysis of flood damage reduction. The models have been made for three types of scenarios, scenario 1 (natural situation), scenario 2 (current situation) and scenario 3 (future situation), which influence the value of the curve number for each sub-basin and the intervention of existing and future civil works. Flood hydrograms calculations were performed in the HEC HMS program, used as input data in the HEC RAS program for flow simulation for 24 hours, these are mathematical models based on the SCS soil conservation service methodology conducted by the United States Army Institute used to prevent and mitigate impacts of natural events.

**Keywords:** Mathematical models, maps, floods, river basins, hydrograms, rainfall.

#### **PRESENTACIÓN**

La investigación de campo se realiza en la zona de estudio, obteniendo resultados que permiten determinar los parámetros necesarios para la realización de modelación hidrológica del río Manglaralto para generación de mapas de inundación, esta propuesta está dividida en capítulos, secciones, cada uno con un objetivo que son las partes desarrolladas para este proyecto. Este trabajo de exploración está organizado en seis secciones:

El capítulo I da a conocer los objetivos del proyecto en estudio su justificación y alcance de los diferentes escenarios tanto para la situación natural, actual y futura basándose en un modelo digital desde su cuenca alta hasta la desembocadura al océano pacífico.

El capítulo II corresponde a la recopilación de datos de estudios similares e información disponible como son uso de suelo, tipos de suelo, precipitaciones, características físicas y climatológicas de la cuenca de drenaje, así como de sus afluentes principales.

El capítulo III concierne a la metodología implementada en el proyecto para el cálculo de las variables de cada subcuenca para obtención de lo hidrogramas de crecida y metodología para la simulación de mapas de inundación con los programas HEC HMS y HEC RAS.

El capítulo IV presenta la división de cada subcuenca para la cuenca media alta y baja además de sus diferentes escenarios o situaciones naturales, actual y futura del proyecto con sus respectivas secciones transversales y longitudinales elaborados con los programas HEC Geo RAS y Arc Map.

El capítulo V visualiza márgenes de desbordamiento en las tres situaciones citadas con sus respectivos mapas de inundación zonificados por los tipos de amenaza: alta, media y baja.

El capítulo VI se refiere a los desenlaces y recomendaciones basadas en los objetivos del proyecto y sus recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

#### 1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con diversidad climática, por ende, las precipitaciones son el elemento más importante para estudios hidrológicos e hidráulicos. La prevención y mitigación de impactos asociados con el uso de suelo son relevantes para el análisis y posterior toma de decisiones relacionados a los asentamientos y al crecimiento poblacional que aumenta cada año y esto lleva a controles respecto a su uso para prevención de inundaciones.

En nuestro país los recursos hídricos explotados alcanzan los 9700 Hm<sup>3</sup>, de los que para el uso de regadío representa aproximadamente 7954 Hm<sup>3</sup> del caudal utilizado, apenas el 1212.5 Hm<sup>3</sup> se destina para el uso doméstico y un 533.5 hm<sup>3</sup> para la industria (Burbano, et al., 2011).

La cuenca del río Manglaralto es un significativo recurso hídrico de la provincia de Santa Elena, habitualmente la población de este sector y sus proyecciones futuras de construcción y diseño van aumentando porque los habitantes para cubrir sus necesidades del recurso hídrico se acercan más a las costas del río para poder abastecerse mediante la construcción empírica de pozos sea para sistemas de riego, drenaje o agua potable.

En la zona de estudio entre el periodo 2000-2015 la precipitación y la ETP corresponden a 389 mm y 1250mm respectivamente lo cual indica que existe un déficit hídrico en la cuenca del río Manglaralto acorde a un clima semi-árido (Morante et al.,2019).

Los recursos hídricos superficiales de la cuenca no son aprovechados para ninguna actividad socioeconómica por parte de los habitantes del sector, tampoco industrias. Este recurso superficial en los últimos cinco años ha sido aprovechado exclusivamente para la recarga artificial del acuífero Manglaralto, dado que los habitantes dependen del agua subterránea (CIPAT-ESPOL,2014; Arévalo, 2017; Campoverde y Fajardo, 2018; Herrera, 2015; Valencia, 2017).

El presente trabajo contempla en su fase inicial con la recopilación de datos, análisis de los datos hidrometereológicos existentes en diferentes entidades gubernamentales, no gubernamentales y campo para la generación de conclusiones y recomendaciones que ayudarán a tomar decisiones frente amenazas de inundación y desborde en la zona de estudio de la cuenca del río Manglaralto.

También, contempla el estudio de escenarios que permiten considerar los cambios de uso de suelo, como consecuencia del crecimiento poblacional de la zona urbana o rural. Para el establecimiento de la simulación de precipitaciones en la cuenca del río Manglaralto se tomó información de los caudales máximos vividos en los últimos 50 años que son de gran utilidad para el análisis de zonas inundables y la creación de mapas de inundación de las riberas del río Manglaralto.

#### 1.1 Planteamiento del Problema

Los fenómenos físicos ocupan un lugar prioritario, tanto en las agendas gubernamentales, como no gubernamentales que se han dado a través de la historia, es así como, con solo dos horas de precipitación continuas, podría arrasar lo que el hombre ha tardado en construir en años.

El agua en ingeniería es un problema, tanto por escases o abundancia, de manera que las lluvias pueden tener efectos beneficiosos y perjudiciales. Los ríos por lo general tienen a crecer significativamente gracias a las lluvias, esto dependerá del tiempo e intensidad de esta, por lo que esto variará dependiendo de la época de precipitaciones que en la zona de estudio se da en los meses de diciembre a mayo, lo cual coincide con la corriente cálida de El Niño.

La variabilidad climática de la costa, es decir cuando las temperaturas aumentan considerablemente, como en el año 1983 con precipitaciones de aproximadamente 2823 mm, así como en el año 1997 en donde se registraron precipitaciones de hasta 2007 mm (Corporación Andina Fomento, 2000).

El río Manglaralto como corriente natural fluye eventualmente, en los meses húmedos, mientras que, en los meses considerados secos, se presenta la denominada garua la cual es una precipitación muy baja, sin embargo, proporciona humedad al sistema hídrico, que en algunas ocasiones aumentan las precipitaciones en la cuenca alta lo que hace que la infiltración aumente en esta zona de la cuenca y que el río aumente su caudal.

El problema radica en cuanto la población aumente, urbanizando las terrazas aluviales que conforman las riberas del río, incrementando con esto el riesgo por inundación a las construcciones civiles realizadas o a realizarse posteriormente, debido a la ausencia de mapas de inundación se hace poco perceptible a la gente en desarrollo para un crecimiento sostenible en la población en armonía con el medio ambiente.

#### 1.2 Justificación

El Río Manglaralto, ubicado en la parroquia rural Manglaralto, de la provincia de Santa Elena, en su drenaje hacia el océano pacifico denominada cuenca exorreica existen poblaciones asentadas en la frontera al río. En estos tiempos se ha visto un gran crecimiento poblacional y su zona urbana dada por los mismos habitantes del sector como también por la presencia de foráneos que han preferido quedarse a vivir en esta parte de la provincia.

Los riesgos de ocurrencia de inundaciones con precipitaciones similares a los años en que se presenta el fenómeno del niño como los ocurridos en el año 1983, que pueden ser breves e intensos; estos acontecimientos históricos son predecibles ya que se podrían repetir en los próximos años; causando daños y desastres de magnitud y que tratar de aliviarlos cuando están ocurriendo resultan difíciles.

"Cando se hace reseña a estímulos naturales, por ejemplo, en realidad solo se está poniendo énfasis en los desajustes que se producen entre las actividades humanas y los fenómenos naturales circundantes, pero se debe entender que, así como los daños son en función de la intensidad y comportamiento de los estímulos ellos también se ordenan con las características del territorio" (Espinoza y Hakey, 1989).

Por ello es preciso generar mapas de inundación de la cuenca del río Manglaralto para diferentes escenarios tomando en consideración el uso de

suelo, intensidad de lluvias y presencia de futuras estructuras de paso (diques-tapes) el cual permitirá prevenir los desenlaces naturales y mantener los parámetros de prevención, que eviten las emergencias durante las futuras crecidas anormales, que son la que producen los desastres.

Para la elaboración de los diferentes escenarios se usarán los programas HEC HMS y HEC RAS en los cuales se genera hidrogramas de crecida del río y en segundo plano la simulación y la gráfica de la lámina de lluvia desde su cuenca alta hasta el desemboque al mar. Para que, con estos estudios de inundación y determinación de zonas inundables, las autoridades correspondientes puedan impedir y justificar porque evitar el permiso de asentamientos y construcciones en áreas tremendamente inundables que se traducen en pérdidas de vidas humanas y capitales invertidos.

#### 1.3 Alcance

- Caracterización física geográfica y climática de la cuenca del río Manglaralto, considerando tres escenarios que son: situación natural, situación actual, situación futura en base al uso de suelo.
- Definición del modelo digital del cauce del río Manglaralto desde su inicio hasta el desemboque al mar.
- Modelación de la relación lluvia-escurrimiento para la cuenca del río Manglaralto
- Situación del tránsito de crecida en el cauce del río Manglaralto considerando las estructuras de paso existentes.
- Generación de mapas de inundación del río Manglaralto.

#### 1.4 Metodología

La metodología empleada para la investigación se muestra a continuación (Fig. 1):

La metodología usada para la presente investigación se desarrolla en tres fases.

La Fase 1, corresponde a la investigación bibliográfica acerca de la temática en hidrología e hidráulica, así como la revisión y análisis de estudios anteriores

de Tesis Doctorales, de grados y maestría, también de proyectos relacionados a recursos hídricos y en especial a la cuenca Manglaralto.

La Fase 2 está relacionada con la obtención de los datos y es donde se desarrollan los hidrogramas de crecida para tormentas de 24 horas por medio del software HEC HMS. En esta fase se realizan la geometría con el software HEC Geo RAS del cauce del río Manglaralto, tanto que resulta muy importante para el desarrollo posterior del objetivo principal del estudio de investigación.

En la Fase 3, se realiza la integración de toda la información obtenida para la elaboración de los mapas de inundación. que tienen como fin la prevención temprana de inundación por medio del software HEC RAS.

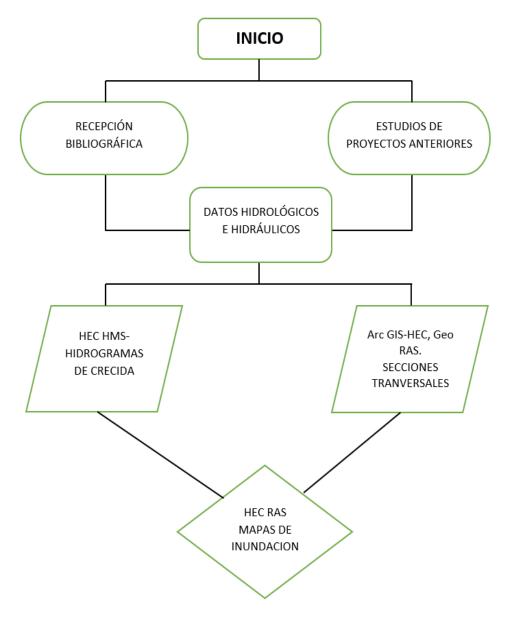


Figura: 1 Diagrama de flujo de Metodología

#### 1.5 Objetivos

#### Objetivo General.

El objetivo principal del proyecto es obtener mapas de inundación del río Manglaralto para diferentes escenarios de uso de suelo y ocurrencia de lluvias intensas, con lo cual se pretende mejorar el conocimiento sobre la incidencia del asentamiento poblacional en las proximidades del río y el aumento del riesgo por inundación.

#### Objetivos Específicos.

- a) Simular el flujo que discurre por el río Manglaralto basados en la topografía, determinando las zonas de inundación.
- Estimar que parte de la población y estructuras civiles existentes se verían afectadas por el aumento de caudal del río Manglaralto.
- c) Realizar escenarios para diferentes situaciones relacionados con el flujo del río para tomar decisiones y prevención.

# **CAPÍTULO II**

#### 2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 2.1 Ubicación de la cuenca del río Manglaralto

El río Manglaralto, nace en la cordillera de Chongón-Colonche que tiene 95 km de la costa ecuatoriana en sentido este-oeste y la constituyen un cinturón de lomas que se extiende comenzando en el oeste de Guayaquil, dentro de la cordillera se encuentra el Bosque Protector Chongón-Colonche (Fig. 2)

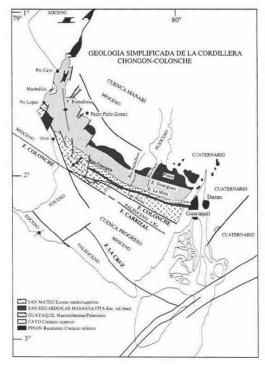


Figura 2: Geología Simplificada de la Cordillera-Chongón-Colonche Fuente: Amado, 1990

La cuenca del río Manglaralto forma parte de la zona norte de la Península de Santa Elena dentro de esta cuenca se ha incluido el río Dos Mangas, se encuentra a 800 m.s.n.m. y su cuenca es alargada en dirección NE-SW entre los meridianos 80°36' y 80°45' de longitud y entre los paralelos 1°47' y 1°51' de latitud Sur. La cuenca está limitada por las cuencas del río Olón al norte y el río Atravesado al sur (Amado, 1990).

A continuación, se presentan en la tabla 1 las coordenadas del punto más lejano d la cuenca y el extremo de salida con sus cotas de nivelación de la

misma forma se presenta en el mapa esquemático de la ubicación de la cuenca Manglaralto a nivel del sudamericano (Tabla 1, Fig. 3).

Tabla 1: Coordenadas WGS84

Coordenadas		Cota	Observaciones
X	Y	m.s.n.m.	
543.752,27	9′801.306.45	800	Punto más alejado de la parte superior
528.035.71	9'795.944.83	0.0	Sección de Salida

#### MAPA DE UBICACIÓN DE CUENCA DE RÍO MANGLARALTO

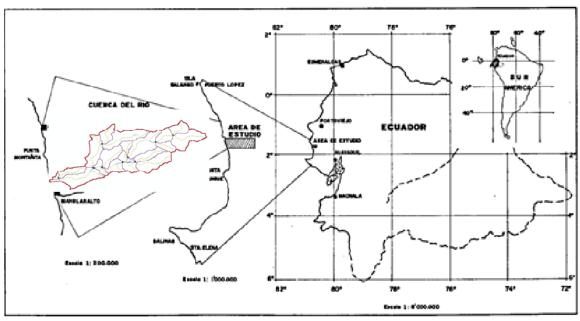


Figura 3: Ubicación del Cuenca de Río Manglaralto Fuente: Amado, 1990

#### 2.2 Base de datos e información disponible del río Manglaralto

Estudio Hidrogeológico de la cuenca baja del río Manglaralto,
 Amado, 1990

El estudio indica que la cuenca del río Manglaralto presenta parámetros de morfología sencilla en donde la parte montañosa es la que crea la mayor de las aportaciones, hace referencia a la estratigrafía de la que están constituida formación Cayo, Calizas Javita formación Socorro, Miembro Dos Bocas y Depósitos no consolidados.

Los factores Hidrológicos y climatológicos en esta región son los que permiten asegurar una periódica renovación del recurso hídrico (Amado, 1990).

# Análisis hidrogeológico de la cuenca del río Manglaralto para la caracterización de sus sistemas acuíferos Valencia (2017).

El trabajo fue parte del estudio realizado por CIPAT-ESPOL en busca de la creciente de consumo de agua en la Parroquia Manglaralto donde hay épocas de escases de agua debido a que es una zona de déficit hídrico. En este estudio se caracterizó la hidrogeología de los acuíferos de la cuenca del río Manglaralto, Cadeate y Simón Bolívar, mediante la integración del análisis de ciertos parámetros los cual han servido para el trabajo de titulación que emprendo.

El proyecto tiene la finalidad de obtener modelos conceptuales de cada acuífero, estimar sus reservas y proyectar su tiempo de vida según la taza de consumo actual (Valencia, 2017).

# Las Lecciones del Niño, Memorias del Fenómeno del Niño 1997 1998 Retos y Propuestas para la Región Andina

Este trabajo marca los acontecimientos históricos referente al Fenómeno del Niño por ende presidentes de los países andinos solicitaron la asistencia de la Corporación Andina de Fomento CAF para efectuar un exhaustivo estudio sobre los impactos que generó uno de los fenómenos naturales más desastroso de la región. El Niño que tan solo en 1997-1998 genero pérdidas económicas estimadas en \$7.500 millones de dólares (Corporación Andina de Fomento, 2000).

Mediante la elaboración de este estudio se fortaleció el desarrollo de normas e instituciones orientadas a la prevención de riesgos y mitigación de impactos frente a eventos naturales catastróficos que como consecuencia tiene pérdida de vidas humanas, infraestructuras destruidas, inundaciones y sequías que generan hambre y desempleo a amplios grupos poblacionales.

#### - Diario El Comercio (2010) Publicación (29-junio-18)

"El río Manglaralto conocido como Dos Mangas, su nombre brotó del agua. Surgió como un pequeño caserío en medio de dos ríos que cobran vida en el invierno y se esconden durante el verano. Solo quienes viven aquí conocen el camino que toma por estos días el caudal del Colí y cuál es el cauce del

Culebra. "Esas son nuestras mangas, ese era el nombre que le daban los antiguos a nuestros ríos", dice Ángel Merchán, el presidente de la comuna Dos Mangas.

A 7 kilómetros del océano Pacífico, en la parroquia Manglaralto de Santa Elena, este poblado se camufla con el bosque húmedo tropical que cubre la cordillera Chongón-Colonche. Los techos de las casas están revestidos de musgo, al igual que las rocas y los árboles que habitan en la montaña. Los comuneros custodian 2 800 hectáreas, protegidas desde 1999. La agricultura fue por años su único ingreso, pero también les trajo destrucción.

A inicios de los 80, la deforestación y el devastador fenómeno El Niño obligaron a reasentar el poblado en un terreno alejado de la confluencia de los ríos. Desde entonces ni un árbol más fue talado. Sandro Tigrero lo narra como si fuese una leyenda, mientras una intensa garúa cae sobre la reserva. Las gotas resuenan con fuerza, pero los frondosos guayacanes, higuerones y guarumos forman un paraguas impenetrable".

#### - Morfología de la cuenca del río Manglaralto

Para la interpretación de los fenómenos que ocurrirán en el río Manglaralto es necesario conocer la morfología ya que brinda una cuantificación de comparación e interpretación.

Las crecidas del río y su comportamiento pueden distinguirse por las diferentes propiedades morfométricas de la cuenca, como son: la forma, el tamaño y la pendiente, que son de suma importancia para dar a conocer el comportamiento del caudal, en donde la mayor parte de sus propiedades actúan incrementando el volumen del flujo y la velocidad de su movimiento (Amado,1990).

Las particularidades físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con la conducta de los caudales que circulan por ella; sin embargo, la poca información cartográfica disponible, hace que el localizar esa analogía no sea fácil y que por lo tanto su uso en estudios hidrológicos sea condicionado, por otra parte no se puede certificar que toda la investigación morfométrica de las cuencas utilizadas para el estudio se pueda obtener en una misma escala, lo

cual aumenta el grado de inseguridad sobre la confiabilidad de los parámetros (Amakrishna, 1997).

#### 2.3 Análisis de la Cuenca

El río Manglaralto tiene un recorrido aproximado a 18 Km desde la cuenca alta hasta la costa con dirección noreste-suroeste. La cuenca del río Manglaralto tiene un área de 52.21 km² con un perímetro de 55.7 km, la forma es aproximadamente rectangular, con una longitud axial de 16.5 km y con un ancho medio de 3.5 km, y en algunas partes hasta 5.5 km.

Los datos obtenidos para la modelación hidrológica de la cuenca del río Manglaralto consta de precipitaciones mensuales, evaporación-transpiración, temperatura, humedad, viento, heliofanía, eso con relación a la hidrología y mapas de uso de suelo actual.

Para las crecidas del río Manglaralto, se utiliza la cartografía digital a escala 1:5000 de la cuenca en donde se realizó levantamiento de estructuras de paso existentes.

#### 2.3.1 Variables Topográficas y Morfológicas de la Cuenca

Las cuencas tienen tres partes principales que son: cuenca alta (cuenca de recepción), cuenca media (canal de desagüe) y cuenca baja (cono de inyección). La cuenca alta de Manglaralto está conformada por la cordillera Chongón-Colonche, con diferencia de 10% al 20% La pendiente va disminuyendo a medida que se avecina a la costa. En la población de Dos mangas cuenca media, es en donde se estructura el valle de la cuenca del río Manglaralto, la que tiene pendiente suave, menor al 10%. Cuenca baja, el río Manglaralto llega y desemboca en el mar con pendientes que varían del 2 hasta el 0%.

Los terrenos más altos están cubiertos por una espesa capa vegetal en donde predominan especies nativas del sector. En ámbito de madera: guayacán, laurel, figueroa, gigua prieta y moral; en frutas: mamey, fruta de pan; otras: cade (tagua) cabaya, paja toquilla, mientras que en los terrenos bajos predominan el aguacate, naranjas, mandarinas, limones, café, ciruela, toronja,

guineo, plátano, caña, choclo, maracuyá, espárragos, tomate, badea, papaya y hortalizas.

En la Fig.4 se presenta los lugares donde predominan estas especies nativas



Figura 4: Río Manglaralto Sector-Dos Mangas Fuente: Prefectura de Santa Elena,

#### 2.3.2 Red hidrográfica y parámetros relativos de drenaje

El río Manglaralto es de régimen permanente con caudales que aumentan en épocas de invierno sin embargo sus caudales han llegado a cero en tiempos secas, en donde la parte de la Cordillera Chongón-Colonche es la que aporta la mayor cantidad de agua.

La morfometría individual de cada cuenca hidrográfica es acorde con la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos. Y con la reproducción de una réplica a los mismos, como ser la escorrentía superficial, mencionada en métodos de caudales, la incidencia en el transporte de sedimentaciones y nutrientes a lo largo del ecosistema que la integra (Gaspari, 2012).

El río Manglaralto se alimenta de afluentes con nombres característicos del lugar como son: (Río Culebra, Río de Las Pajizas, Río Colín) ciertas de las particularidades morfométricas se registran de a continuación (Tabla 2).

Los parámetros medidos son:

u = Tipo de Orden de Cauce

Nu = Número de cauce tipo u

Rb = Relación de bifurcación

Lu = Longitud de los cauces tipo u

Lú = Longitud media de los cauces tipo u

Tabla 2 Método Jerárquico De Schumm – Strahler

i doid = irretede per di quies = e deriairiir. Girairie.				
u	Un	Rb	Lu	Lú
1	18	6	19.00	1.38
2	3		17.50	5.83
		3		
3	1		10.50	10.50
Sumativa = 46 90				

Fuente: Amado, 1990

#### $\triangleright$ Orden de Cauce (u)

El orden de las corrientes clasifica el grado de bifurcación interna de la cuenca, en este caso se aplicó el método de Horton el cual se maneja bajo criterios de primer orden en donde nacen las aportaciones de agua y que no tienen afluentes, cuando dos del mismo orden se unen forman el siguiente orden de esta forma partiendo de la Fig. 5 se procede a obtener el número de orden de la cuenca.



Figura 5: Cuenca Manglaralto y sus ramales de agua

#### ➤ Número de Cauce (Nu)

En referencia a la Fig. 5 el número de cauce (Nu) de orden 1 (u) es 18.

#### > Relación de Bifurcación (Rb)

Se refiere al número de ramas alimentadoras del mismo número de orden, es decir el cociente entre número de cauce de cualquier orden Nu y el número de cauce orden u del siguiente orden superior.

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

 $Rb = Relaci\'on\ de\ bifurcaci\'on$   $Nu = N\'umero\ de\ cauce\ del\ orden\ u$  $Nu + 1 = N\'umero\ del\ siguiente\ orden\ de\ Cauce\ tipo\ u$ 

#### $\triangleright$ Longitud de los cauces tipo u. (Lu)

Se establecidos los causes de orden 1 se miden sus longitudes.

#### ➤ Longitud media de los Cauces (Lù)

Relación de las longitudes y el número de cauces según el orden que se desea determinar.

$$L\acute{\mathbf{u}} = \frac{Lu}{Nu}$$

#### 2.4 Características Físicas de las Subcuencas de Drenaje

Las subcuencas de la cuenca del río Manglaralto son consideradas como microcuencas en donde la mayor parte del tiempo de los últimos años han pasado escasos de agua lo que ha provocado que los moradores cercanos a sus riberas construyan represas o diques destruyendo sus costas naturales. Para 19 subcuencas, se dan a conocer los parámetros geomorfológicos de cada subcuenca (Fig. 6, Tabla 3).

#### Área (A) Área de subcuenca en km²

Perímetro (P) perímetro de subcuenca en km

Longitud del cauce de subcuenca (Lp) en km

Factor de forma o de Gravelius  $(F_f)$ 

Índice de compacidad o de Gravelius (Kc) adimensional

$$Kc = \frac{P}{\sqrt{A}} * 0.2821$$

Tabla 3: Valores de índice de compacidad (Mármol, 2008)

Kc	Clases de Forma	
1-1.25	Casi redonda a oval redonda	
1.25-1.50	A oval redonda	
1.50-1.75	A rectangular oblonga	
>1.75	A casi rectangular (alargada)	

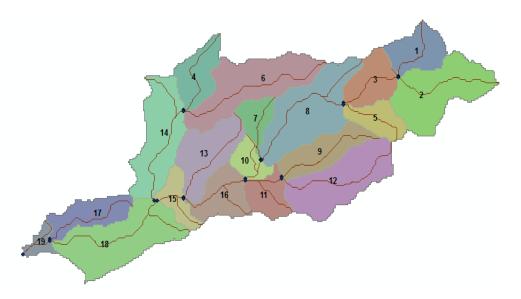


Figura 6: Distribución de Subcuencas de Drenaje

# $\triangleright$ Factor de forma de Horton de cada subcuenca (Kf)

Relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca que intenta medir que tan cuadrada o alargada es la cuenca esta expresión explica que un factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que una de igual área y mayor factor de forma.

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

Sc La diferencia de pendientes dividida para la longitud se presenta en la tabla 4.

Tabla 4:Pendiente media de cada subcuenca (Sc)

110		_	a 4:Penaiente mea			<u>`                                    </u>	1.00	_
N°	Subcuenca	Α	∑A	P	Lp	Kc	Kf	Sc
		Km <sup>2</sup>	ACUMULADA					
1	Subcuenca 1:	2.07	2.07	7.8	2.33	1.53	0.89	31.12%
2	Subcuenca 2:	4.67	6.74	12.8	4.25	1.67	1.10	9.84%
3	Subcuenca 3:	2.11	8.84	7.3	2.52	1.42	0.84	10.01%
4	Subcuenca 4:	2.06	10.91	8.4	3.37	1.65	0.61	4.92%
5	Subcuenca 5:	1.53	12.44	7.0	2.68	1.60	0.57	11.89%
6	Subcuenca 6:	4.97	17.41	16.0	5.86	2.02	0.85	2.22%
7	Subcuenca 7:	1.20	18.61	6.7	2.31	1.73	0.52	5.36%
8	Subcuenca 8:	5.21	23.82	14.0	5.44	1.73	0.96	5.24%
9	Subcuenca 9:	2.46	26.28	10.4	4.24	1.87	0.58	3.56%
10	Subcuenca 10:	1.06	27.34	5.7	2.20	1.56	0.48	3.73%
11	Subcuenca 11:	1.58	28.92	6.8	2.17	1.53	0.73	4.23%

12	Subcuenca 12:	4.59	33.51	12.8	5.04	1.69	0.91	3.23%
13	Subcuenca 13:	3.20	36.70	10.8	4.00	1.70	0.80	2.85%
14	Subcuenca 14:	4.19	40.89	13.5	5.27	1.86	0.80	1.88%
15	Subcuenca 15:	1.26	42.15	7.3	2.19	1.84	0.58	1.65%
16	Subcuenca 16:	2.13	44.28	9.0	2.60	1.74	0.82	2.77%
17	Subcuenca 17:	2.08	46.36	9.2	3.79	1.80	0.55	2.14%
18	Subcuenca 18:	5.29	51.64	15.3	6.04	1.88	0.87	0.28%
19	Subcuenca 19:	0.57	52.21	5.1	1.67	1.91	0.34	0.1%

#### 2.5 Uso de suelo

La cuenca Manglaralto se caracteriza por estar compuesta de suelos aluviales tales como arcillas, limos y arenas suelos coluviales que tienen características de color café oscuro de textura suave además de ello tiene suelos arenosos que están compuestos de partículas meteorizadas que son encontrados en las planicies de inundación cercanas al río (Datos Obtenidos por Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena).

Los cambios de uso de suelo en la cuenca de estudio se deben a la perdida de vegetación natural (bosques y matorrales), aumento de pastos, aumento de cultivos, disminución simbólica del manglar, disminución del área de playa debido al aumento de negocios en la zona, aumento de vegetación natural y aumento poblacional con la creación de urbanizaciones (Fig. 7).

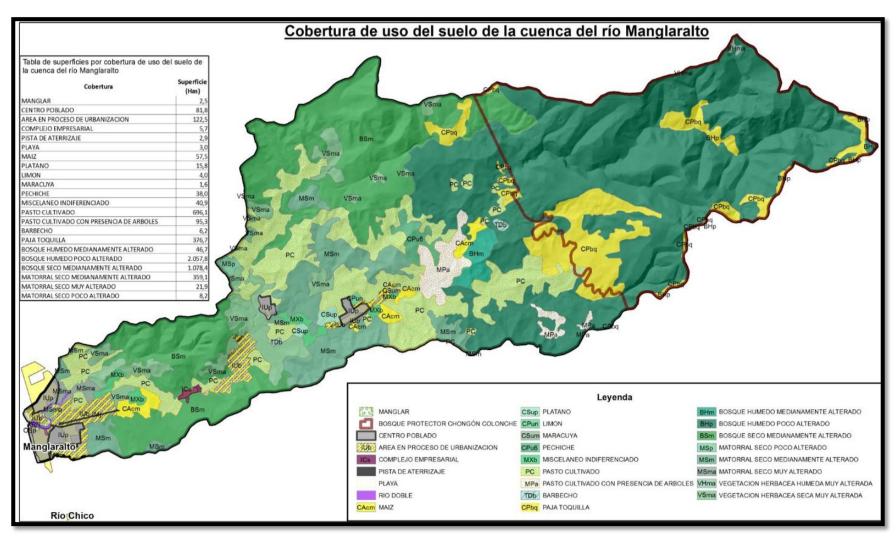


Figura 7: Uso de suelo de la cuenca del río Manglaralto Fuente: Datos Obtenidos por Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena

# 2.6 Tipo de Suelo

Para la determinación de las características de suelo de cada subcuenca se tomó datos según mapa Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo-SEMPLADES (Fig. 8).

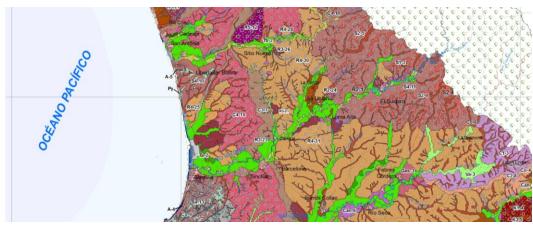


Figura 8: Mapa geomorfológico Fuente: SEMPLADES, MAGAP, INIGEM 2012

A continuación, se presentan la caracterización del tipo de suelo según las características morfológicas determinadas según mapas geomorfológico (Tabla 5).

Tabla 5: Descripción de suelo de cada Subcuenca

Sub cue nca	Símbolo		metría	Formación geológica	Tij	oo d	le sue	elo
		S %	Desnivel		Α	В	С	D
1	Área Protegida	>50	>150m					Х
2	Área Protegida	>50	>150m					Х
3	Área Protegida	>50	>150m					Х
4	C3-5	25- 40	15-50m	Miembro Zapotal. Arenisca media a gruesa dura, pardo amarillento con intercalaciones de arenosa y conglomerado		X		
5	Área Protegida	>50	>150m					Х
6	Co7	2-12	15-25	Deposito Coluvial Aluviales. Limos, arenas grano fino a grueso – presencia de gravas		Х		
7	S2-6	2-12	15-25	Miembro Dos Bocas. Lutito Chocolate laminados con concreciones calcáreas y en la base limditas con presencia de yeso con ligero recubrimiento de conglomerado calcáreo		X		
8	C4-1	12- 25	50-100	Miembro Zapotal. Areniscas de grano medio, café amarillento con intercalaciones de arenisca arcillosa, lutitos y arcillas			Х	
9	S2-1	5-12	5-15	Miembro Zapotal. Arenisca media a gruesa, pardo amarillento con intercalaciones de conglomerado			Х	
10	Tm-2	<3	5-15	Depósitos Aluviales. Gravas finas, arenas finas a medias y limos				Х
11	Co-7	2-12	15-25	Deposito Coluvial Aluviales. Limos, arenas grano fino a grueso – presencia de gravas				Х

12	S4-7	12- 25	50-100	Miembro Zapotal. Areniscas de grano medio, café amarillento con intercalaciones de arenisca arcillosa, lutitos y arcillas	Х		
13	Co-10	2-12	15-25	Deposito Coluvial Aluviales. Limos, arenas grano fino a grueso – presencia de gravas			Х
14	C4-10	12- 70	15-100	Miembro Zapotal. Areniscas de grano medio, café amarillento con intercalaciones de arenisca arcillosa, lutitos y arcillas		X	
15	C3-5	25- 40	15-50m	Miembro Zapotal. Arenisca media a gruesa dura, pardo amarillento con intercalaciones de arenosa y conglomerado			Х
16	Co-7	2-12	15-25	Deposito Coluvial Aluviales. Limos, arenas grano fino a grueso – presencia de gravas			Х
17	Tm2	2-5	0-5m	Depósitos Aluviales. Gravas finas, arenas finas a medias y limos			Х
18	Tm2	2-5	0-5m	Depósitos Aluviales. Gravas finas, arenas finas a medias y limos			Х
19	Tb-1	2-5	0-5m	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio.			Х

Fuente: SEMPLADES, MAGAP, INIGEM 2012

# 2.7 Situación actual de la cuenca del Río Manglaralto

El área de uso de suelo actual es de 90.4 has que incluyen la zona rural, pistas de aterrizaje y complejos empresariales, adicionalmente existen áreas en proceso de urbanización que corresponde 122.5 Has (Datos Obtenidos por Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena).

Según mapa de la Prefectura de Santa Elena dada en la imagen 2. En la tabla 6 se muestran el uso de suelo actual para cada una de las subcuencas donde se observa las hectáreas actualmente utilizadas por la población, uso agrícola entre otros que se muestran divididas por tipo de superficie de suelo para cada una de las subcuencas a continuación (Tabla 6, Tabla 7).

Tabla 6: Superficie de Uso de Suelo

	E DE USO DE SUELO	
Cobertura	Has	%
Zona urbana y rural	212.9	4.08%
Bosque	3233.9	61.94%
Agricultura	172.2	3.30%
Matorral	1596.5	30.58%
Manglar	2.5	0.05%
Playa	3	0.06%
Total	5221	100%

Fuente: Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena, 2019

Tabla 7:Area para actividades de Uso de Suelo Actual

	Zona urbana	Bosque	Agricultura	Matorral	Manglar	Playa
Subcuenca 1:	0	186.5	8	12	0	0
Subcuenca 2:	0	452.0	10	5	0	0
Subcuenca 3:	0	205.75	5	0	0	0
Subcuenca 4:	0	200.0	0	6.25	0	0
Subcuenca 5:	0	153.25	0	0	0	0
Subcuenca 6:	0	457.0	15	25.25	0	0
Subcuenca 7:	0	115.0	5	0	0	0
Subcuenca 8:	0	515.0	5.75	0	0	0
Subcuenca 9:	0	150.0	35	61.25	0	0
Subcuenca 10:	0	45.0	0	61	0	0
Subcuenca 11:	0	32.75	5.1	119.9	0	0
Subcuenca 12:	0	240.0	18	201	0	0
Subcuenca 13:	10	105	12	192.5	0	0
Subcuenca 14:	0	120	10	288.75	0	0
Subcuenca 15:	8	0	2	115.75	0	0
Subcuenca 16:	12	12	25	164.25	0	0
Subcuenca 17:	15	94	1.5	97	0	0
Subcuenca 18:	157.5	150.65	13	246.6	0	0
Subcuenca 19:	10.4	0	1.85	0	2.5	3

# 2.8 Situación natural de la cuenca del Río Manglaralto

Para definir la situación natural se da como eliminada el área de proceso de urbanización y centro de poblado, cultivos de agricultura y otros descritos en la subsiguiente tabla y se suma como parte del bosque, manglar, playa y matorrales con la finalidad de mantener el área natural de la cuenca. se muestran divididas por tipo de superficie de suelo para cada una de las subcuencas a continuación (Tabla 8, Tabla 9).

Tabla 8: Superficie de Uso de Suelo

SUPERFICIE DE L	JSO DE SUELO NATU	JRAL
Cobertura	Has	%
Zona urbana		0.00%
Bosque	3253.9	62.32%
agricultura		0.00%
Matorral	1950.6	37.36%
Manglar	10.5	0.20%
Playa	6	0.11%
Total	5221	100%

Fuente: Datos Obtenidos por Dirección de Recursos Hídricos Prefectura de Santa Elena, 2019

Tabla 9: Área para actividades de Uso de Suelo Natural.

	ZONA URBANA	BOSQUE	AGRICULTURA	,	MANGLAR	PLAYA
Subcuenca 1:	0	206.5	0	0	0	0
Subcuenca 2:	0	467	0	0	0	0
Subcuenca 3:	0	210.75	0	0	0	0
Subcuenca 4:	0	200	0	6.25	0	0
Subcuenca 5:	0	153.25	0	0	0	0
Subcuenca 6:	0	465	0	32.25	0	0
Subcuenca 7:	0	120	0	0	0	0
Subcuenca 8:	0	520.75	0	0	0	0
Subcuenca 9:	0	160	0	86.25	0	0
Subcuenca 10:	0	45	0	61	0	0
Subcuenca 11:	0	37.75	0	120	0	0
Subcuenca 12:	0	250	0	209	0	0
Subcuenca 13:	0	105	0	214.5	0	0
Subcuenca 14:	0	138.75	0	280	0	0
Subcuenca 15:	0	0	0	125.75	0	0
Subcuenca 16:	0	55	0	158.25	0	0
Subcuenca 17:	0	4	0	203.5	0	0
Subcuenca 18:	0	113.15	0	415.6	0	0
Subcuenca 19:	0	2	0	38.25	10.5	6

# 2.9 Uso futuro de suelo (T= 50)

El factor principal que se está considerando para un periodo de 50 años es el crecimiento poblacional que en los últimos años que ha tenido Manglaralto debido a la migración de personas por el bajo costo de la tierra en la zona, además de la naturalidad con la que se vive. El crecimiento poblacional se da la mayor parte en la zona de las orillas del río y playa de la cuenca media y cuenca baja se muestran divididas por tipo de superficie de suelo para cada una de las subcuencas a continuación (Tabla 10, Tabla 11).

Tabla 10: Superficie de uso de Suelo Futuro

	USO DE SUELO FU	
Cobertura	Has	%
Zona urbana	235	4.50%
Bosque	3281	62.84%
Agricultura	200	3.83%
Matorral	1500	28.73%
Manglar	2.5	0.05%
Playa	2.5	0.05%
Total	5221	100%

Tabla 11: Área para actividades de Uso de Suelo Futuro

	ZONA URBANA	BOSQUE	AGRICULTURA	MATORRAL	MANGLAR	PLAYA
Subcuenca 1:	0	206.5	0	0	0	0
Subcuenca 2:	0	467	0	0	0	0
Subcuenca 3:	0	210.75	0	0	0	0
Subcuenca 4:	0	200	0	6.25	0	0
Subcuenca 5:	0	153.25	0	0	0	0
Subcuenca 6:	0	465	0	32.25	0	0
Subcuenca 7:	0	120	0	0	0	0
Subcuenca 8:	0	520.75	0	0	0	0
Subcuenca 9:	0	160	0	86.25	0	0
Subcuenca 10:	0	45	0	61	0	0
Subcuenca 11:	0	37.75	0	120	0	0
Subcuenca 12:	0	250	0	209	0	0
Subcuenca 13:	0	105	0	214.5	0	0
Subcuenca 14:	0	138.75	0	280	0	0
Subcuenca 15:	0	0	0	125.75	0	0
Subcuenca 16:	0	55	0	158.25	0	0
Subcuenca 17:	0	4	0	203.5	0	0
Subcuenca 18:	0	113.15	0	415.6	0	0
Subcuenca 19:	0	2	0	38.25	10.5	6

# 2.10 Información climatológica

La fluctuación climática del Ecuador es determinada por los fenómenos oceánicos y atmosféricos producidos en el Océano Pacífico intertropical de manera que su posición costera al Este del océano y adyacente al Este lo ubica en la zona, donde se expresa con mayor fuerza el Fenómeno del Niño o Niña. Este fenómeno costero es el causante del comportamiento climático y de la irregularidad de las precipitaciones en la costa ecuatoriana lo que varía elocuentemente en el exceso o por falta de lluvias en años e inclusive décadas (Corporación Andina de Fomento, 2000).

Dentro de los factores que influyen en el clima del Ecuador son:

- Elementos atmosféricos del Pacifico
- Elementos oceanográficos y corrientes marinas
- Elementos orográfic0os y regiones naturales del Ecuador

Los datos de información climática fueron tomados del anuario meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.

## 2.10.1 Temperatura

En términos termodinámicos la temperatura es: "La fuerza motriz que produce una transferencia de calor. Dos cuerpos están a la misma temperatura si no hay transferencia de calor cuando se ponen en contacto, se mide con termómetros y los escalafones más usuales son Celsius o Centígrada y la Fahrenheit" (Gooding, 2009).

La temperatura es un parámetro meteorológico que determina factores básicos en el estudio hidrológico, representa el valor evaporante de la atmosfera, con esta medida se determina la evapotranspiración. La temperatura está estrechamente relacionada con parámetros climatológicos y meteorológicos como son la humedad del aire, la nubosidad, la precipitación y otros. La temperatura del aire esta medida en las estaciones meteorológicas a través de un instrumento llamado termómetro o termógrafos su unidad de medida es el Grados Celsius °C, Grados Fahrenheit °F o Grados Kelvin °K (Fig. 9) que depende muchas veces de la característica del equipo, pero la más utilizada es Grados Celsius °C, las conversiones entre unas a otras son muy simples (INAMHI, 2013).

#### Escala de temperatura

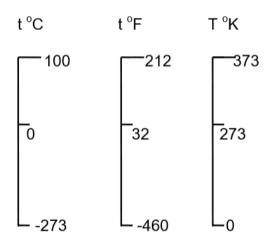


Figura 9: Escala de Temperatura Fuente: Gooding, 2009

En la tabla 12 se puede observar que la temperatura varia durante el año entre 19°C a 30°C en donde las temperaturas más bajas son desde el mes de julio a octubre y las temperaturas altas son desde enero a abril.

# 2.10.2 Evapotranspiración

"La transpiración es el fenómeno netamente fisiológico efectuado por los seres vivos. La unión de la transpiración con la evaporación nace la evapotranspiración y representa todas las pérdidas de agua por transformación a vapor", como se muestra en la siguiente expresión por el método de Turc. La tabla 13 indica los valores de precipitación y evapotranspiración obtenidos de las estaciones más cercanas al sitio.

$$Er = \frac{P}{\sqrt[2]{0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

Er = evapotranspiracion P = altura de presipitacion

$$L = 300 + 25 \cdot T + 0.05 \cdot T^3$$

Donde T es la temperatura medida en el aire en °C

Tabla 12: Temperatura

TEMPERATURA AIRE	TEMPERATURA AIRE	TEMPERATURA AIRE
(°C)	(°C)	(°C)
INST	MAX	MIN
21.4	21.4	20.2
21.6	21.7	21.3
21.2	21.7	21.1
21	21.3	21
20.7	21	20.5
20	20.8	20
19.1	20	19
19	19.2	18.9
19.3	19.3	18.9
19.7	19.7	19.3
19.6	19.7	19.6
19.9	19.9	19.6
20	20	19.9
20	20.1	19.9
20.1	20.1	19.9
20.2	20.2	20.1
20.2	20.2	20.1
19.7	20.2	19.7
19.9	19.9	19.5
20.5	20.5	19.9
20.6	20.6	20.5
21.4	21.2	20.6
22.2	22.3	21.1

Fuente: INAMHI, 2013

Tabla 13: Calculo De La Evapotranspiración Actualizado

۸ÑΟ			a Evapotranspiración	
ANO	TEMPERATURA	L	PRECIPITACIÓN	EVAPOTRANSPIRACION
	ANUAL		ANUAL	REAL ANUAL
	С		mm	mm
1961	23.4	1525.6	382.3	389.6
1962	23.4	1525.6	346.9	355.6
1963	23.2	1504.4	147.5	154.7
1964	23	1483.4	351.5	359.5
1965	24.2	1613.6	378.1	386.9
1966	23.5	1536.4	327.5	336.8
1967	23.1	1493.8	847.6	766.8
1968	22.9	1472.9	169.3	177.2
1969	24.3	1624.9	339.6	349.6
1970	23.4	1525.6	838.7	764.9
1971	23.4	1525.6	623.1	603.3
1972	23.4	1525.6	1237.6	991.5
1973	23.4	1525.6	1057.4	900.0
1974	23.4	1525.6	347.7	356.4
1975	23.4	1525.6	861.8	780.5
1976	23.4	1525.6	727.8	685.4
1977	23.4	1525.6	326.4	335.6
1978	23.4	1525.6	329.3	338.5
1979	23.4	1525.6	354.0	362.5
1980	23.4	1525.6	300.9	310.5
1981	23.4	1525.6	346.7	355.4
1982	23.4	1525.6	221.3	230.6
1983	23.4	1525.6	1340.0	1036.5
1984	23.4	1525.6	379.1	386.6
			159.5	
1985	23.4	1525.6		167.1
1986	23.4	1525.6	226.5	235.9
1987	23.4	1525.6	588.0	574.2
1988	23.4	1525.6	353.5	362.0
1989	23.4	1525.6	771.9	717.9
1990	23.4	1525.6	207.2	216.2
1991	23.4	1525.6	294.7	304.4
1992	23.4	1525.6	923.1	820.4
1993	23.4	1525.6	356.6	365.0
1994	23.4	1525.6	332.4	341.5
1995	23.4	1525.6	321.9	331.2
1996	23.4	1525.6	207.0	216.0
1997	23.4	1525.6	1293.6	1016.7
1998	23.4	1525.6	2917.3	1366.7
1999	23.4	1525.6	315.7	325.1
2000	23.4	1525.6	92.3	97.1
2001	23.4	1525.6	321.3	330.6
2002	23.4	1525.6	982.5	856.9
2003	23.4	1525.6	404.2	410.4
2004	23.4	1525.6	160.0	167.6
2005	23.4	1525.6	154.0	161.4
2006	23.4	1525.6	291.7	301.4
2007	23.4	1525.6	482.1	482.1
2008	23.4	1525.6	491.8	490.8
2009	23.4	1525.6	201.7	210.6
2010	23.8	1569.1	250.5	260.4
2011	24.2	1613.6	346.1	355.8
2012	23.3	1515.0	591.6	576.7
2013	24	1591.2	385.2	393.4

Fuente: Amado 1990 – INAMHI,2013

Descripción: Valores de precipitaciones actualizados desde 1961 de la tabla de valores

#### 2.10.3 Viento

"Las masas de aire son impulsadas por efectos de los gradientes báricos y que dan lugar a las diferencias de presión entre dos puntos de la atmósfera, esta condición se conoce como viento es aire en movimiento un factor que tiene influencia en los factores meteorológicos, siendo la humedad y el calor transmitidos por el aire en donde el aire adopta las condiciones de temperatura y humedad de la superficie con los cuales tiene contactos. El viento influye en el proceso de evaporación y fusión del hielo o nieve y también es importante el proceso de precipitación ya que con el continuo ingreso de aire húmedo a las nubes se puede mantener la precipitación" (Amado, 1990).

El viento es el movimiento del aire en forma horizontal derivado por causas naturales, es un fenómeno atmosférico. Los vientos globales se generan como consecuencia del desplazamiento del aire desde zonas de alta presión a zonas de baja presión, determinando los vientos dominantes de un área o región. Aun así, hay que tener en cuenta numerosos factores locales que influyen o determinan los caracteres de rigor y ciclo de los movimientos del aire. Estos elementos, difíciles de simplificar por su multiplicidad, son los que permiten hablar de vientos locales, los cuales son en muchos lugares más significativos que los de carácter general. Estos tipos de vientos son los siguientes:

- Brisa marina
- Brisa de valle
- Brisa de montaña
- Viento catabólico: que proceden desde el cielo hasta el fondo de los valles derivado por el deslizamiento al ras de la tierra del aire frío y denso desde los elementos del relieve más altos.
- Viento anabólico: ascienden desde las zonas más bajas hacia las más altas a medida que el sol calienta el relieve.

La velocidad del viento obtenida en el mes de agosto de 2019 con un clima frio de época de apareamiento de ballenas (Tabla 14).

Tabla 14: Viento Estación Santa Elena agosto 2019

VIENTO DIRECCIÓN (°) INST	VIENTO VELOCIDAD (m/s) INST
239	2.8
229	2.5
209	2.9
211	2.6
185	2.6
185	2.9
185	4.5
224	2.1
227	3
221	2.1
245	3.1
234	2.2
209	2.6
232	3
224	3.1
246	3
255	2.7
256	1.3
250	2.7
257	2.6
269	2.5
269	2.3

Fuente: INAMHI, 2013

# 2.10.4 Humedad relativa,

La humedad no es más que la medida de concentración de vapor que se concentra en la atmósfera la que posee un límite de contener vapor de agua que fluctúa dependiendo de la temperatura de aire y se nombra punto de saturación (INAMHI, 2013).

Se denomina humedad relativa a la relación entre la cantidad de vapor de agua que se encuentra en la atmósfera y la cantidad de vapor de agua máximo que esta pueda contener y se representa en porcentaje (Tabla 15).

Tabla 15: Humedad Relativa Estación Santa Elena agosto 2019

Tubia 13. Humedaa kelativa Estacion Santa Elena agosto 2019						
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)				
INST	MAX	MIN				
80	82	79				
81	82	78				
83	84	80				
85	85	83				
87	89	84				
96	96	86				
99	99	96				
99	99	99				
99	99	99				
94	99	93				
94	95	94				
92	95	92				
91	92	91				
91	92	90				
92	93	91				
92	92	91				
91	92	91				
99	99	91				
96	99	96				
85	96	85				
83	85	83				
82	83	81				
77	81	76				

Fuente: INAMHI 2013

#### 2.10.5 Heliofanía

Desde las épocas ancestrales en la zona andina se desarrollaron conocimientos sobre el comportamiento de los cuerpos celestes, siendo el sol (Inti) la estrella más cercana a la que dedicaron mayor esfuerzo (Recalde, et al 2015).

En ecuador la atenuación de la radiación solar por la atmósfera es influenciada tanto en espacio como en tiempo por las corrientes marinas, la fría de Humboldt, la cálida del niño, los grandes anticiclones semi permanentes en el Atlántico y en el Pacifico, el cambio de posición a lo largo del año de las áreas de alta presión, las alturas de Bolivia, la zona ecuatorial y la cordillera de los Andes (Baigorria et al, 2004).

La heliofanía representa las horas que el sol ha iluminado la tierra durante el transcurso del día, es un factor que condiciona la cantidad de radiación de los rayos del sol sobre la tierra que es conocida como radiación global incidente.

La Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) estudio el principio del funcionamiento del equipo para medir la heliofanía y se llama heliógrafo en donde indica que: su funcionamiento consiste en la convergencia de los rayos de sol sobre una franja de papel que provoca que este se queme (O.M.M., 1982).

En la zona costera del territorio estudiado la heliofanía promediada es 1345.4 por año según datos del INAMHI.

#### 2.10.6 Nubosidad

Es uno de los fenómenos más evidentes, es la presencia de nubes y que tiene una gran importancia climática y de gran interés meteorológico. Este fenómeno es la expresión visual del fenómeno de condensación del vapor de agua y consecuentemente son el origen de las precipitaciones que forma parte del ciclo hidrológico, además de reflejar, absorber y dispersar la radiación solar como terrestre (Jones, 1992).

Actualmente para obtener datos de la nubosidad existen dos formas; desde la superficie terrestre (observación visual), y desde satélite. Las observaciones en superficie terrestre no se visualizan en todas las estaciones meteorológicas, ya que es necesario la presencia de un observador entrenado. La automatización de las estaciones meteorológicas ha desaparecido al observador humano. El coste de mantenimiento de las estaciones automáticas ha motivado que se sistematice la observación de nueves desde la tierra mediante cámaras fotográficas desde la tierra (Pages y Gonzalez-Gutierrez, 2001).

En el instituto meteorológico INAMHI la nubosidad es determinada por observación directa y no utiliza aparatos para su estimación y es medida por la fracción de la bóveda celeste cubierta por la totalidad de nubes visibles en donde se divide a la bóveda celeste en octavos llamados octas, que es la unidad de medida de la nubosidad.

El valor de 9 representa ausencia de observación o no existen condiciones para determinar el valor de nubes (INHAMI, 2013).

# 2.10.7 Precipitación

La precipitación es uno de los factores más importante en este tipo de estudio, definida como la cantidad de agua meteórica total sea en estado líquido o solido que cae sobre una superficie horizontal denominada sección pluviométrica, que es expresada por medio de la altura o espesor que alcanza la capa de agua sobre la superficie o sección pluviométrica plana e impermeable, la unidad de medida es la longitud, medida en milímetros y que equivale a litros de agua por metro cuadrado de terreno (L/m²), se ha implementado el mejoramiento de medidores de las precipitaciones con aparatos que están acoplados con modelos matemáticos que permiten establecer la intensidad de lluvia de una zona y los caudales en lapso real en una sección determinada de un río o en dicha zona.

Pese a que a la Provincia de Santa Elena se la define como lugar de poca lluvia o seco los conceptos de caracterización de precipitaciones altas o bajas no son definidas; en Chile "los agricultores definen la presencia de sequía, aun cuando en un año superan los 1500 mm al año, esto hace pensar que los criterios de sequía dependen de la actividad y región involucrada". Así como "en el "secano" en cambio, la ocurrencia de una sola lluvia puede ser el elemento que determine el carácter seco o húmedo de un determinado año" (Espinoza, 1990).

# 2.11 Información hidrológica e hidráulica

La información tomada en este proyecto correspondiente a las precipitaciones y áreas de subcuencas el cálculo de caudal para cada subcuenca mediante el método Soil Conservation Service SCS un método para obtener hidrograma unitario con el que trabaja el programa HEC HMS (Fig.10).

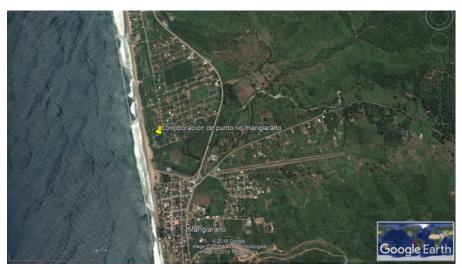


Figura 10: zona costera-Manglaralto
Fuente: Google Earth

#### 2.11.1 Características físicas del tramo de Estudio

Para la modelación hidrológica se utiliza el mapa de la cuenca Manglaralto y su modelación se limitará a el tramo AB y BC que finaliza en la comuna Manglaralto con una longitud aproximada a 13.875 km que corresponde a la cuenca media-cuenca baja (Tabla 16).

Tabla 16: Coordenadas Geográficas del punto de estudio de Simulaciones

Sector	Coorder	, ,	Cota	Observación
Sector	X	Y	m.s.n.m.	Observacion
	538671.8840	9800668.5155	185	Zona de Aguas Arriba
Manglaralto	528348.2200	9795831.9300	0	Zona de Aguas Abajo

El poblado de la cuenca se concentra básicamente en los dos lugares como son Manglaralto y Dos Mangas, actualmente Manglaralto se encuentra en un proceso de urbanización mientras que Dos Mangas es un lugar netamente turístico. Sus áreas pertenecen en su mayoría a haciendas de ganado y agricultura.

El cauce principal del río está rodeado de pastos y arbustos y áreas que colindan con haciendas encerradas con alambre de púas, es visible ver que el paso del río es con crecientes y caudales que aumentan en invierno pese que actualmente el río este semi seco y su fuente alimentadora la cordillera Chongón-Colonche.

El río Manglaralto descarga al mar, además el agua que se consume en este sector proviene del acuífero de la cuenca, siendo la única fuente de abastecimiento, razón por la que el sitio sufre de escasez del líquido en tiempo de sequía, siendo explotado este recurso mediante la construcción de pozos. Para el aprovechamiento del recurso hídrico se han realizado construcciones de paso e infraestructuras de retención del líquido vital, siendo esta para aumentar la recarga, que será aprovechada en tiempo de estiaje.

Una de las infraestructuras de mayor importancia es el puente de la carretera E-15 "Ruta del Spondylus", puente del río Manglaralto que logra la comunicación con sectores como Montañita, Olón, que colindan con la Provincia de Manabí.

#### 2.12 Obras Hidráulicas

Dentro del tramo de estudio se encuentran 5 infraestructuras de paso de mayor importancia para un correcto flujo y comunicación de poblados a lo largo del río Manglaralto de estas estructuras mencionadas 3 se encuentran en el cauce principal que son: 1, 2 y 4 (Tabla 17).

Tabla 17: Coordenadas de estructuras de paso existentes.

			COORDENADAS		
N°	NOMBRE	TIPO DE OBRA	Х	Y	
1	E-15-MANGLARALTO	PUENTE	528504.5456	9796296.9478	
2	PAJIZA	BADEN	532509.0209	9797849.1416	
3	DOD MANGAS	BADEN	533285.5086	9797860.5629	
4	DOS MANGAS	PUENTE	533499.0214	9797762.2789	
5	DOS MANGAS	BADEN	533494.8666	9797977.5194	

Fuente: Datos Obtenidos Dirección de Recursos Hídricos de Prefectura Santa Elena

El departamento de recursos hídricos de la Prefectura de Santa Elena, realiza un estudio para la construcción de estructuras hidráulicas los cuales las coordenadas de su construcción serán (Tabla 18, Fig. 11):

Tabla 18: Coordenadas de obras futuras

TIPO DE OBRA	COORDENADAS		COTA DE
DIQUE	X	Υ	REFERNCIA
PC1	535204	9798358	58
PC2	532601	9797328	30
PC3	530661	9796502	14
PC4	529573	9796577	5

Fuente: Datos Obtenidos Dirección de Recursos Hídricos de Prefectura Santa Elena

# **UBICACIÓN Y COORDENADAS DE OBRAS FUTURAS**

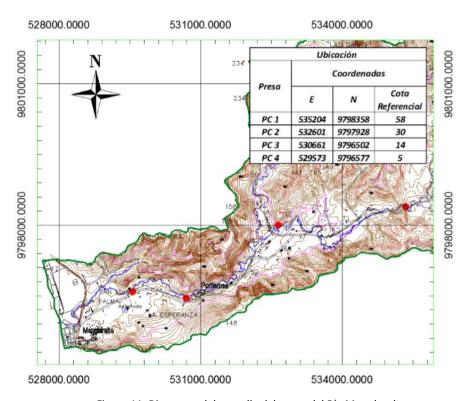


Figura 11: Diques en el desarrollo del cauce del Río Manglaralto Fuente: Datos Obtenidos Dirección de Recursos Hídricos Prefectura Santa Elena

# **CAPÍTULO III**

# 3. PROCESOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS ASOCIADOS CON LA FORMACIÓN DE CRECIDA Y PROPAGACIÓN DE CAUDALES

# 3.1 Caracterización del cauce del río Manglaralto

Para el análisis de los hidrogramas de crecida y la propagación de caudales se considera integrar las subcuencas existentes en 3 cuencas mediante el cual se logra cumplir los objetivos para la Modelación Hidrológica e Hidráulicas de manera secuencial en los puntos de interés. Las cuencas de análisis son: cuenca Alta, cuenca Media, cuenca Baja

Cada cuenca de análisis tiene un punto de descarga e interés en donde se revelará un hidrograma de crecida que será el resultado de la suma de cada una de las subcuencas integrantes mediante el programa HEC HMS, serán dividas en dos tramos (Tabla 19, Fig.12).

Tabla 19: Conformación de tramos de Cuenca Manglaralto

	Cuenca	Conformada por la subcuenca número:
Α	Alta	1,2,3,5
В	Media	8,9,12,6,7,10,11,4,13,16
С	Baja	14,15,17,18,19

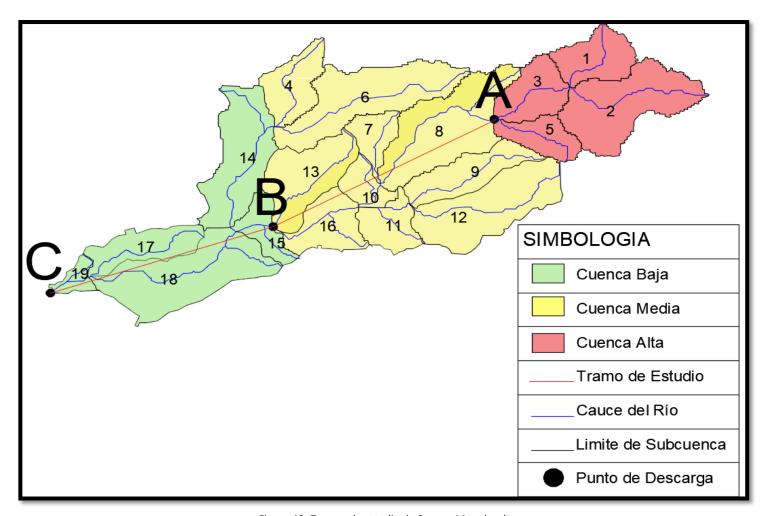


Figura 12: Tramos de estudio de Cuenca Manglaralto

#### 3.2 Cuencas de análisis

#### 3.2.1 Cuenca Alta

Está compuesta de las subcuencas 1, 2, 3 y 5 (Fig.13) para la modelación hidrológica de estudio solo se determinarán los parámetros hidrológicos ya que el objeto de estudio son las áreas con presencia de pueblos cercanos al río.

El hidrograma de crecida resultante esta área de la cuenca será dado en el punto A, que su resultante será usando como hidrograma de entrada para el área de estudio de la cuenca media.

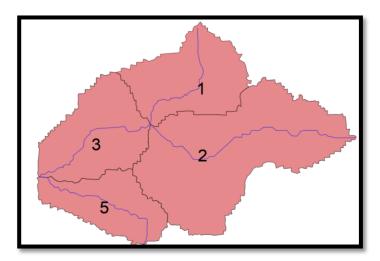


Figura 13: Subcuencas de Cuenca alta Manglaralto

## 3.2.2 Cuenca Media

La cuenca media tiene una longitud de 6.2 km, integrada por las subcuencas número 8, 9, 12, 6, 7, 10, 11, 4,13 y 16 (Fig.14) la parte de interés se ubica en la zona de Dos Mangas y Pajiza en los cuales se encuentran 4 de las 5 estructuras existentes que son tomadas como variables en el cálculo hidráulico para cada uno de los escenarios.

La Modelación Hidráulica se lo hará con el programa HEC RAS 5.0.7 y los Hidrogramas Unitarios con HEC HMS 4.3 que simula los procesos hidrológicos para los objetivos de mapas de inundación de la cuenca del río Manglaralto. El hidrograma de crecida del punto A, se utilizará en el hidrograma de entrada de la cuenca media en las condiciones de borde

solicitada por el programa. En la imagen se observa el tramo de la cuenca media con sus respectivas subcuencas numeradas.

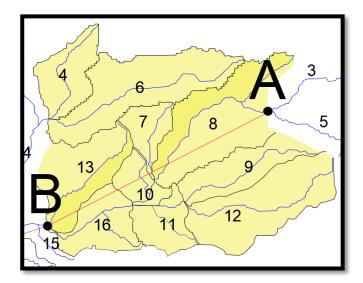


Figura 14: Tramo de cuenca media

# 3.2.3 Cuenca Baja

La cuenca baja está integrada por las subcuencas 14, 15, 17, 18 y 19 (Fig. 15), será modelada con los dos programas. Tiene un puente estructural importante en la carretera E-15 el cual será parte del trabajo de estudio.

El hidrograma de crecida del punto B se lo utilizará en el hidrograma de entrada en la cuenca baja en las condiciones de borde solicitadas por el programa.

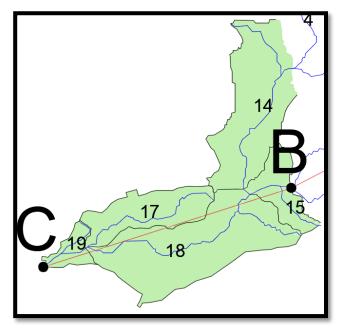


Figura 15: Tramo de Cuenca Baja

# 3.2.4 Integración de las Cuencas de Análisis

Para la integración de las 19 subcuencas (Fig. 16) se colocaron 6 tramos que seran llamados *reach* de acuerdo al programa HEC HMS en donde cada tramo se crea con la finalidad de sumar el transito de caudales de los diferentes subcuencas.

En la grafica se ilustra con lineas pronunciadas de color azul cada reach que indican la dirección de flujo de la cuenca.

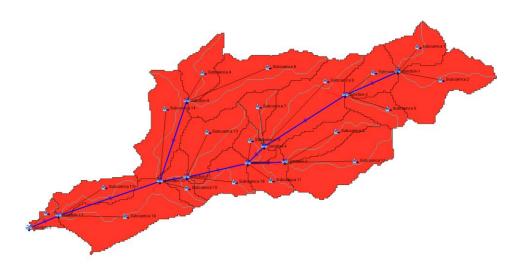


Figura 14: Tramos principales de río Manglaralto

## 3.3 Modelación Hidrológica de la relación Lluvia-Escurrimiento

Los datos generados y pedidos por el programa HEC HMS para obtener los hidrogramas de crecida de cada una de las subcuencas son obtenidos mediante la base de datos de la relación lluvia-escurrimiento basándose en las características de la cuenca y la precipitación de la zona. La información escogida cumple con los requisitos necesarios para la definición de los hidrogramas de crecida en los puntos especificados anteriormente.

#### 3.3.1 Método de Relación Lluvia-Escurrimiento

Actualmente las estaciones meteorológicas tienen déficit en información de la infiltración por ende se calcula a través de parámetros como son la cobertura de suelo, uso de suelo, precipitaciones mensuales, áreas de cada subcuenca, y otros parámetros importantes en la determinación y uso del software de referencia de este estudio.

La precipitación durante una tormenta presenta variaciones con respecto al tiempo e indica que en el T<sub>o</sub> serán más altos los valores del flujo superficial, agua subterránea, humedad del suelo, almacenamiento de depresión y van disminuyendo con respecto al tiempo (Fig.17).

"El flujo en un río está controlado principalmente por la variación de la precipitación. Las relaciones entre precipitación y escorrentía y los métodos para distribuir la escorrentía a través del tiempo, son la base para la predicción eficaz de la operación de proyectos hidráulicos, para la extensión de registros de caudales en ríos con estaciones hidrográficas y para la estimación de caudales en ríos sin estaciones de medida" (Linsley et al.,1993).

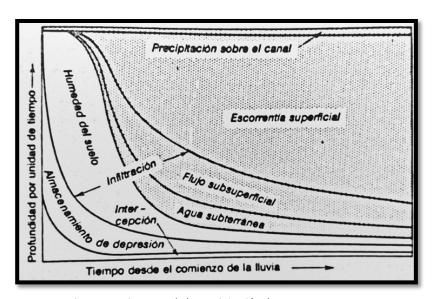


Figura 15: Diagrama de la precipitación durante una tormenta Fuente: Hidrología para Ingenieros

#### 3.3.2 Lluvias Intensas-Periodo de Diseño

Para el presente estudio es importante conocer diversos parámetros y modelos matemáticos que permitan la estimación de la intensidad de lluvia para diferentes tiempos de retornos. Para aquello se ha empleado la ecuación pluviométrica publicada por INTERAGUA, la cual tiene la siguiente forma:

Donde:

i= Intensidad de Iluvia en mm/hora.tc=Tiempo de concentración (minuto).

Los valores de c, f, e, para distintos períodos de retorno o recurrencias se muestran en la tabla 20:

Tabla 20: Valores de C, f, e

Recurrencia (Años)	Factores				
	С	е	f		
5	570.75	2.35	0.5		
10	521	1.49	0.45		
25	486.47	0.88	0.4		
50	471.72	0.59	0.37		
100	463.15	0.38	0.35		

Fuente: INTERAGUA Elaboración: ESPOL-TECH E.P.

Para la estimación de la intensidad de lluvia es importante evaluar escenarios correspondientes a diferentes periodos de recurrencia. Entendiéndose por periodo de retorno, como un parámetro de probabilidad donde un suceso o evento ocurre cada cierto intervalo de tiempo, no necesariamente constante, de forma que el intervalo medio de tiempo supera un valor de precipitación crítica o máxima, establecida por el diseñador (Mark y Marek, 2011).

#### 3.4 Hietograma de Precipitación de Diseño con relación IDF

Anteriormente no existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución de caudal (hidrograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el hietograma de precipitación) con la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Este método es usado actualmente para flujos no permanentes que requieren de predicciones confiables de hietograma de diseño para los obtener los hidrogramas de diseño (Chow, 1994).

#### 3.4.1 Método del Bloque Interno

El método de bloque interno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de Intensidad-Duración-Frecuencia IDF.

El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en determinados intervalos de tiempo, en este caso de estudio se realizó para intervalos de una hora de tiempos sucesivos hasta completar las 24 horas para un periodo de retorno de 5 años para el cálculo de la intensidad tomándolo como situación natural y actual.

El cálculo de la profundidad de precipitación correspondiente (Fig 18, Tabla 21) tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse para cada unidad adicional de tiempo. Estos incrementos de precipitación se los ordena de tal modo que la mayor precipitación quede en el centro y los demás bloques queden en orden descendente a partir del tope máximos para ambos lados (Chow,1994).

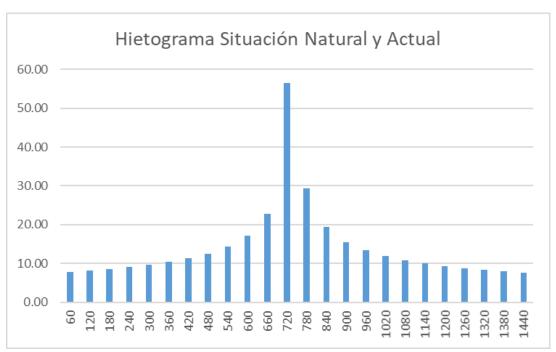


Figura 16: Hietograma Situación Actual – Situación Natural

Tabla 21: Hietograma de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF–Situación Natural y Actual

24	Duración	Intensidad	Profundidad	Profundidad	Tiempo	Precipitación
Horas			Acumulada	Incremental		
1 día	min	mm/h	mm	mm	Hora a Hora	Mm
1	60	56.53	56.53	56.53	00:00-01:00	7,74
2	120	42.90	85.80	29.27	01:00-02:00	8,11
3	180	36.20	108.60	22.80	02:00-03:00	8,53
4	240	31.99	127.96	19.36	03:00-04:00	9,03
5	300	29.02	145.08	17.12	04:00-05:00	9,62
6	360	26.77	160.60	15.52	05:00-06:00	10,36
7	420	24.98	174.89	14.30	06:00-07:00	11,29
8	480	23.53	188.22	13.33	07:00-08:00	12,53
9	540	22.31	200.75	12.53	08:00-09:00	14,30
10	600	21.26	212.61	11.86	09:00-10:00	17,12

11	660	20.35	223.90	11.29	10:00-11:00	22,80
12	720	19.56	234.69	10.79	11:00-12:00	56,53
13	780	18.85	245.05	10.36	12:00-13:00	29,27
14	840	18.22	255.02	9.97	13:00-14:00	19,36
15	900	17.64	264.64	9.62	14:00-15:00	15,52
16	960	17.12	273.96	9.31	15:00-16:00	13,33
17	1020	16.65	282.98	9.03	16:00-17:00	11,86
18	1080	16.21	291.75	8.77	17:00-18:00	10,79
19	1140	15.80	300.28	8.53	18:00-19:00	9,97
20	1200	15.43	308.59	8.31	19:00-20:00	9,31
21	1260	15.08	316.69	8.11	20:00-21:00	8,77
22	1320	14.75	324.61	7.92	21:00-22:00	8,31
23	1380	14.45	332.35	7.74	22:00-23:00	7,92
24	1440	14.16	339.92	7.57	23:00-24:00	7,57

El cálculo de la profundidad de precipitación correspondiente (Fig 19, Tabla 22) de hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en determinados intervalos de tiempo, en este caso de estudio se realizó para intervalos de una hora de tiempos sucesivos hasta completar las 24 horas para un periodo de retorno de 50 años para el cálculo de la intensidad tomándolo como situación futura.

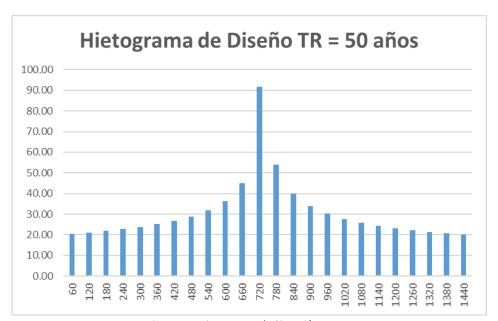


Figura 17: Hietograma de Situación Futura

Tabla 22: Datos de hietograma de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF — Situación Futura Fuente: Método de Bloque Interno Chow, 1994

24	Duración	Intensidad	Profundidad	Profundidad	Tiempo	Precipitación
Horas			Acumulada	Incremental		
1 día	min	mm/h	mm	mm	Hora-Hora	mm
1	60	91.79	91.79	56.53	00:00-01:00	20,29
2	120	72.92	145.84	54.05	01:00-02:00	20,99
3	180	63.57	190.71	44.87	02:00-03:00	21,79

4	240	57.61	230.45	39.74	03:00-04:00	22,71
5	300	53.35	266.76	36.31	04:00-05:00	23,80
6	360	50.09	300.54	33.78	05:00-06:00	25,11
7	420	47.48	332.35	31.81	06:00-07:00	26,75
8	480	45.32	362.55	30.21	07:00-08:00	28,87
9	540	43.49	391.43	28.87	08:00-09:00	31,81
10	600	41.92	419.16	27.74	09:00-10:00	36,31
11	660	40.54	445.91	26.75	10:00-11:00	44,87
12	720	39.32	471.80	25.88	11:00-12:00	91,79
13	780	38.22	496.91	25.11	12:00-13:00	54,05
14	840	37.24	521.33	24.42	13:00-14:00	39,74
15	900	36.34	545.13	23.80	14:00-15:00	33,78
16	960	35.52	568.36	23.23	15:00-16:00	30,21
17	1020	34.77	591.07	22.71	16:00-17:00	27,74
18	1080	34.07	613.30	22.23	17:00-18:00	25,88
19	1140	33.43	635.09	21.79	18:00-19:00	24,42
20	1200	32.82	656.47	21.37	19:00-20:00	23,23
21	1260	32.26	677.45	20.99	20:00-21:00	22,23
22	1320	31.73	698.08	20.63	21:00-22:00	21,37
23	1380	31.23	718.37	20.29	22:00-23:00	20,63
24	1440	30.76	738.35	19.97	23:00-24:00	19,97

# 3.4.2 Tiempo de Concentración

En este trabajo se utiliza el método de Kirpich, esta técnica proyecta estimaciones de tiempos de concentración consistentes con valores de tiempo independientemente derivados de las lluvias de la vida real y los hidrogramas de escorrentías de la cuenca en investigación.

Coeficiente de conversión de unidades, en donde K=0.0078 para unidades inglesas y K=0.0195 para unidades del SI.

- **L** Longitud del cauce, en pies o metros dependiendo de K.
- **S** Pendiente promedio del cauce principal (m/m)

$$t_c = KL^{0.770}S^{-0.385}$$

# 3.4.3 Tiempo de Retardo

En estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indican que el tiempo de retardo es el sesenta por ciento del tiempo de concentración:

$$TR = 60\% Tc$$

Donde el Tc es el tiempo de concentración de la cuenca.

## 3.4.4 Hidrogramas Unitario

El uso de los hidrogramas es común en la demostración del registro de la escorrentía que pasa por una estación, representado por lo general en caudal sobre tiempo que es el hidrograma de caudal.

Para este estudio se usarán hidrogramas Unitarios que es la función respuesta del pulso unitario para un sistema hidrológico lineal, el hidrograma unitario conocido como originalmente como grafica unitaria de una cuenca se define como el hidrograma de escorrentía directa DRH resultante de un centímetro de cualquier cantidad de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una taza constante a lo largo de una duración efectiva, el hidrograma unitario es usado únicamente para escorrentía superficial (Sherman, 1932).

Los hidrogramas unitarios no son perfectos, sin embargo, cuando la información hidrológica obtenida que se va a utilizar se selecciona cuidadosamente de tal forma que se llegue a cumplir de forma aproximada las suposiciones, los resultados de los hidrogramas unitarios son generalmente aceptados para pronósticos prácticos (Heerdegen y Reich, 1974).

#### 3.4.4.1 Hidrogramas Unitario Sintético – Adimensional SCS

A diferencia de los hidrogramas unitarios que solo permiten hacer el cálculo en el punto donde se obtuvo la información hidrológica e hidráulica, los hidrogramas unitarios sintéticos permiten ser desarrollados en otros puntos de interés dentro de la misma cuenca o para cuencas adyacentes de carácter similar (Chow, 1994).

Dentro de los tipos de hidrograma unitario sintético tenemos el utilizado dentro la modelación hidrológica de la cuenca del río Manglaralto llamado Hidrograma Adimensional SCS, el cual se lo hace referente al caudal con el caudal pico y el tiempo t con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el

hidrograma unitario. La unidad de representación en la modelación es de centímetros cm en el eje Y y horas en el eje X.

#### 3.4.5 Tránsito de Crecientes

El tránsito de crecientes puede ser agregado y distribuidos, para esta Modelación Hidrológica se utiliza el transito agregado de crecientes en donde el flujo se calcula, como una función del tiempo en un lugar particular.

Para un sistema hidrológico, la entrada, la salida y el almacenamiento se relacionan por la relación de continuidad.

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t)$$

# 3.4.5.1 Método de Muskingum - Ecuación de Momentum

El transito hidrológico en ríos es diseñado por el método de Muskingum programa de diseño utilizado en este estudio de la cuenca del río Manglaralto.

Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente de un canal de un río mediante el almacenamiento de cuña y prisma, durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña (Chow, 1994).

Durante la recesión el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada resultando así una cuña negativa.

$$S = KQ + KX(I - Q)$$

El valor de K es una constante de almacenamiento que tiene dimensiones de tiempo, tiempo requerido para que la onda de creciente incremental atraviese del tramo, su valor también puede estimarse como el tiempo de transito observado del pico de flujo a través del tramo y X es un factor que expresa la influencia relativa del caudal de entrada en los niveles almacenamiento.

$$K = horas$$

$$X = 0 < X > 0.5$$

El valor de K se halló de acuerdo con la longitud del cada tramo del río dado en base al tiempo de retado que es el sesenta por ciento del tiempo de concentración.

"El valor de X se utiliza para cada tramo de acuerdo con el grado de dificultad en el programa HEC HMS, según el tránsito de avenidas por método analítico el valor de X para la mayoría de los ríos esta entre 0 y 0,3 con un valor aproximado de 0,2" (Linsley et al., 1988).

En el río Manglaralto existe un dique a la altura del Pozo Número 2, en el que por ser una obstrucción para el cauce se tomara en este estudio X=0,2.

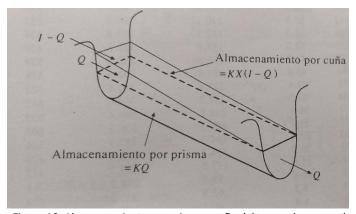


Figura 18: Almacenamiento por prisma y cuña del tramo de un canal Fuente: Ven Te Chow 1994

#### 3.4.5.2 Parámetro SubReaches HEC-HMS

Para determinar el valor n de "Subreaches" se debe tener en cuenta la condición.

$$\Delta t > 2 * K * X$$

Si no se cumple se debe según el incremento de precipitaciones a modelar se debe:

$$n > \frac{2 * K * X}{\Delta t}$$

a: En la evaluación para el río Manglaralto se tomo el valor de 1

## 3.5 Umbral de Escorrentía-Número de Curva por el método SCS

Para el cálculo del Número de Curva por el método de Servicio de Conservación de Suelo de cada una de las subcuencas se optó por el procedimiento mediante la tabla de umbral de escorrentía que califica a la subcuenca dependiendo del grupo de suelo: A, B, C, y D (Fig. 21) y este a su vez según la característica hidrológica donde denota cultivo según las curvas de nivel y R denota cultivo según la línea de máxima pendiente en donde las pendientes son evaluadas en <3% o >3%.

$$NC = \frac{25400}{254 + P_O/0.2}$$

NC= Número de Curva

Po= Umbral de escorrentía

Los valores de CN varían de 0 a 100, el cero representa condiciones de permeabilidad muy alta y 100 un suelo netamente impermeable, como es de conocimiento la construcción y urbanización generan impermeabilidad en el suelo, y las zonas boscosas generan evaporación en gran cantidad debido a el agua contenida en la copa de los árboles, con los parámetros de suelo para cada subcuenca se obtuvo el número de curva (Rodríguez, et al, 2014).

Uso de la tierra	Pendiente	Características	G	rupo d	le suel	0
030 00 10 10110	(%)	hidrológicas	A	В	С	D
Barbecho	≥3	R	15	8	6	4
Baroecho	≥3	N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	≥3	R	23	13	8	6
Cutivos en niiera	23	N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥3	R	29	17	10	8
Cereares de invierno	E3	N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	≥3	R	26	15	9	6
pooles		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos	≥3	R	37	20	12	9
densos		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
		Pobre	24	14	8	6
	≥3	Media Buena	53	23 33	14	9
Praderas		Muy buena	•	41	22	15
1 1400100		Pobre	58	25	12	7
	<3	Media Buena		35	17	10
		Muy buena	<u>.</u>	•	25	16
	≥3	Pobre Media	62	26 34	15 19	10
Plantaciones regula-		Buena		42	22	15
res de aprovecha- miento forestal		Pobre	•	34	19	14
mono lorosia	<3	Media	:	42 50	22 25	15
		Buena		_	_	_
Masas forestales		Muy clara Clara	40 60	17	14	10
(bosques, Monte		Media		34	22	16
bajo, etc.)		Espesa Muy espesa	:	47 65	31	23 33
Notas 1 N denota cutino según las curvas de nivel  R denota cutino según la linea de máxima pendente  2 denota que rela parie de cuenca detec considerarse mexistente a efectos de caticulo de caudidas de avenda  3 Las zonas abanicaladas se inclurán entre las de pendente menor del 3 por 100  Pendiente Umbral de						
Rocas		(%)		-	_	
permeables		<3				
Rocas impermeables		≥3 <3		-		
		- 2	2			
Firmes granulares si	. pavilla					
Firmes granulares si Adoquinados Pavimentos bitumino				1	1,5 I	

Figura 19: Estimación Inicial de Escorrentía Fuente: Chow, 1994

# 3.6 Descripción del programa HEC-HMS 4.3

El Sistema de Modelado Hidrológico (HEC-HMS) está diseñado para representar los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas dendríticas. El software incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, como infiltración de eventos, hidrografías unitarias y enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua, incluida la evaporación-transpiración, el deshielo y la contabilidad de la humedad del suelo. Asimismo, se suministran capacidades avanzadas para la simulación de escorrentía en cuadrícula utilizando la transformación de escorrentía lineal casi distribuida (Mod Clark), así como herramientas de análisis adicionales para la optimización del modelo, el pronóstico del flujo de la corriente, la reducción

del área de profundidad, la estimación de la incertidumbre del modelo, la erosión y el transporte de sedimentos, y la calidad del agua (Army Corps, 2008).

El software presenta un entorno de trabajo completamente integrado que incluye una base de datos, utilidades de entrada de datos, motor de cómputo y herramientas de informes de resultados. Una interfaz gráfica de usuario permite al usuario un movimiento continuo entre las diferentes partes del software. Los resultados de la simulación se almacenan en HEC-DSS (Sistema de almacenamiento de datos) y se pueden usar junto con otro software para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de flujo, impacto de urbanización futura, diseño de vertedero de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de llanuras de inundación y operación de sistemas.

# 3.7 Información requerida por el programa HEC-HMS

Para la modelación Hidrológica y obtención del hidrograma Unitarios de los diferentes puntos establecidos en el estudio se debe completar los componentes básicos del software (Tabla 23):

Tabla 23: Los componentes básicos para este estudio

Basic Model:	<ul> <li>Control Specifications</li> </ul>
<ul> <li>Meteorologic Models</li> </ul>	<ul> <li>Time Series Data</li> </ul>

# 3.7.1 Componente Modelo Base (Basin Model)

Dentro del componente **modelo base** es crear el archivo de la cuenca para el ingreso de datos, determinar el sistema de unidades para que dentro de él se creen los demás elementos como puntos de unión, subtramos, subcuencas que parten de archivo general de la cuenca formato .shp de Arc GIS. El área, el número de curva y el tiempo de retardo en minutos es una según los escenarios (Tablas 24,25,26).

Tabla 24: Área de subcuencas

Subcuenca	Km²
1	2.07
2	4.67
3	2.11
4	2.06

5	1.53
6	4.97
7	1.20
8	5.21
9	2.46
10	1.06
11	1.58
12	4.59
13	3.20
14	4.19
15	1.26
16	2.13
17	2.08
18	5.29
19	0.57
Total	52.21

Tabla 25: Número de Curva para Subcuenca

			SITUACIÓN	SITUACIÓN	SITUACIÓN
Sub			NATURAL	ACTUAL	FUTURA
Cuenca	Tipo de Suelo	Po	-5%	NC	+5%
1	área protegida	10	79	84	88
2	área protegida	10	79	84	88
3	área protegida	10	79	84	88
4	В	42	52	55	57
5	área protegida	16	72	76	80
6	В	42	52	55	57
7	В	34	57	60	63
8	С	22	66	70	73
9	С	17	71	75	79
10	D	10	79	84	88
11	D	17	71	75	79
12	В	17	71	75	79
13	D	10	79	84	88
14	С	10	79	84	88
15	D	8	82	86	91
16	D	10	79	84	88
17	D	4	88	93	97
18	D	6	85	89	94
19	D	8	82	86	91

Tabla 26: Tiempo de Retardo en minutos

SUBCUENCA	LONGITUD	DESNIVEL	PENDIENTE	TC	COEF	TR
1	2333	426	0.1826	14.71	0.6	8.83
2	4248	418	0.0984	29.61	0.6	17.77
3	2517.3	252	0.1001	19.66	0.6	11.80
4	3373	166	0.0492	32.37	0.6	19.42
5	2683	319	0.1189	19.33	0.6	11.60
6	5863	130	0.0222	67.35	0.6	40.41
7	2313	124	0.0536	23.43	0.6	14.06
8	5436	285	0.0524	45.62	0.6	27.37

9	4241	151	0.0356	43.74	0.6	26.24
10	2201	82	0.0373	25.94	0.6	15.56
11	2173	92	0.0423	24.45	0.6	14.67
12	5044	163	0.0323	51.89	0.6	31.13
13	4001	114	0.0285	45.56	0.6	27.34
14	5265	99	0.0188	66.06	0.6	39.64
15	2186	36	0.0165	35.33	0.6	21.20
16	2600	72	0.0277	33.06	0.6	19.83
17	3786	81	0.0214	48.76	0.6	29.26
18	6043	17	0.0028	152.64	0.6	91.58
19	1670	2	0.0012	78.77	0.6	47.26

## Puntos convergentes Junction

Conexión aguas abajo

Tabla 27: Puntos clave de recolección de agua

		Downstream
PUNTO DE	1	Reach-1
RECOLECCION	2	Reach-2
JUNCTION CREATION TOOL	3	Reach-3
TOOL	4	Reach-4
	5	none
	6	Reach-5
	9	Reach-6
	10	Reach-8
	11	Reach-7
	12	Reach-9

En escenarios se obtuvo puntos de recolección de aguas (Tabla 27) están conectas con tramos principales que se presentan en la tabla a diferencia que el junction 5 que representa el final de la cuenca el que descarga en el mar.

Para los tramos principales del río (Reach)

- Elegir método (Método de Muskingum)
- Valor de K (horas) Tiempo que tarda en llegar la gota (Tabla 28)
- Valor de X = 0-0.5 entre lo que entra y lo que sale ¿cuál es su grado de dificultad? (0.3) situación natural (0.25) situación actual (0.2) situación futura.

Tabla 28: Valor Maskingum

Longitud	Desnivel	Pendiente	Muskingum K

REACH 1				0.16
	2517	426	0.1692	
REACH 2				0.37
	4325	252	0.0583	
REACH 3				0.14
	1354	92	0.0679	
REACH 4				0.11
	1055	82	0.0777	
REACH 5				0.33
	2600	72	0.0277	
REACH 6				0.43
	3651	99	0.0271	
REACH 7				0.11
	784	36	0.0459	
REACH 8				1.19
	4887	17	0.0035	
REACH 9				0.48
	1091	2	0.0018	

## 3.7.2 Time-Series Data Manager

Segundo componente creado, aquí se presenta el intervalo de tiempo del hietograma, las unidades de incremento que están dadas en milímetros colocando una fecha de inicio y fin de escorrentía máxima y por último se procede a ingresar los datos del hietograma de diseño.

## 3.7.3 Meteorologic Model Manager

Tercer componente que sirve para establecer el modelo meteorológico. Se selecciona el sistema de unidades métricos con el modo de precipitación de ingreso que es el hietograma (Fig. 22).

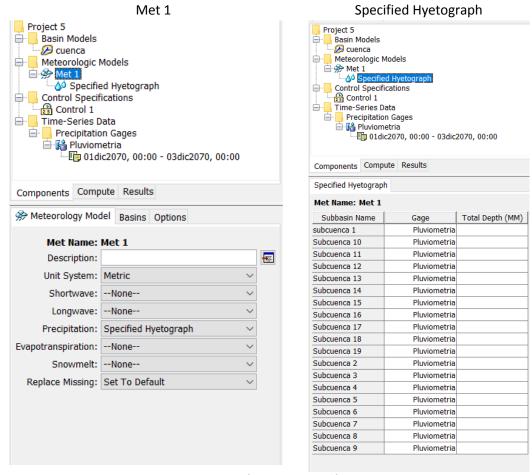


Figura 20: Parámetros Meteorológicos

## 3.7.4 Control Specifications Manager

En este parámetro de datos para la creación de hidrogramas se especifica el formato de salida de resultados (Fig. 23).

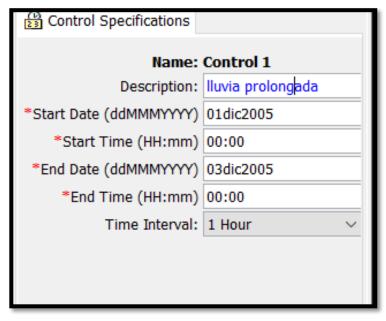


Figura 21: Control Specification

## 3.8 Metodología para Simulación de Inundaciones

En el comportamiento de crecientes de caudales provocado por las precipitaciones en estos tiempos son predecibles en la actualidad moderna gracias a sistemas informáticos que son derivados de múltiples estudios que se han perfeccionado con el tiempo y que son de gran utilidad en cálculo de crecientes de diseño para obras de ingeniería.

Para el análisis de Planicies de Inundación del área del río Manglaralto que es seca en la mayor parte del año, la cual se inunda en eventos de crecientes similares a las del año 1983 y 1997 del Fenómeno del Niño.

La simulación efectuada se la realiza para un periodo de retorno de 50 años mediante el análisis de lluvia-escorrentía. Los datos aportados por el programa HEC HMS de los hidrogramas de crecida son fundamentales en este proceso de simulación para determinar los mapas de inundación.

Para este proyecto se ha contemplado el análisis de inundación por su clasificación anteriormente vivida que es por mecanismo de generación optado por inundación pluvial, donde se produce por la acumulación de agua de lluvia en el terreno. Durante el año 1983–1984 se derivó por lluvias moderas durante los 12 meses del año (Corporación Andina de Fomento, 2000).

Los parámetros importantes para la simulación (Fig. 24):

- Geometría del canal del río.
- Características del material del canal (coeficiente de rugosidad)
  - Caudal máximo de crecida (Periodo de Retorno de Estudio 50 años)



Figura 22: Esquema gráfico de datos obtenidos con HEC RAS

### 3.8.1 Archivo DEM

Sus siglas provienen del Digital Elevation Model que en español es Modelo de Elevación Digital que consiste en una elevación digital del terreno representado en un mapa bits, también como "Heightmap" cuando la representación va incluida la elevación de la superficie (ESRI, 2005).

El archivo DEM fue necesario para la generación de curvas de nivel en la cuenca y cauce del río para el procesamiento de información en los programas que analizan el estudio. Los archivos son parte de la información Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS. El modelo seleccionado es S02W081 que es Latitud Sur 02-Longitud Oeste 81(Fig.25).

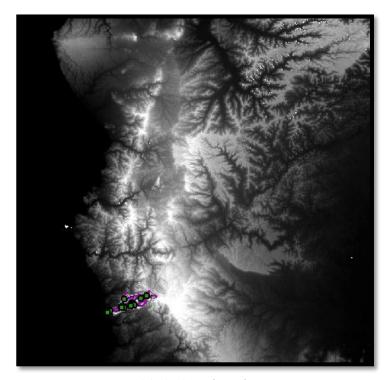


Figura 23: Modelo de Elevación Dinámica – S01W081 Fuente: ESRI,2005

Estos mapas DEM permiten visualizar relieves dentro sistemas de Información geográficas GIS, suelen ser usados para la extracción de parámetros del terreno, modelos digitales de los flujos de agua o del terreno.

#### 3.8.2 HEC Geo RAS

Para la modelación hidrológica y simulación de inundación del río Manglaralto se usó una herramienta denominada HEC Geo RAS que es usada como

extensión de HEC RAS desarrollada conjuntamente por el Hydrologic Energineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineer y el environmental System Research institute (ESRI) que involucra un conjunto de procedimiento, herramientas y utilidades especialmente diseñadas para procesar datos e importar los datos geométricos del terreno generados a HEC RAS incluyendo cauce del río secciones transversales (Army Corps, 2013).

Con la extensión se obtienen las secciones transversales del río colocando sus límites de llanuras de inundación (Fig. 26).

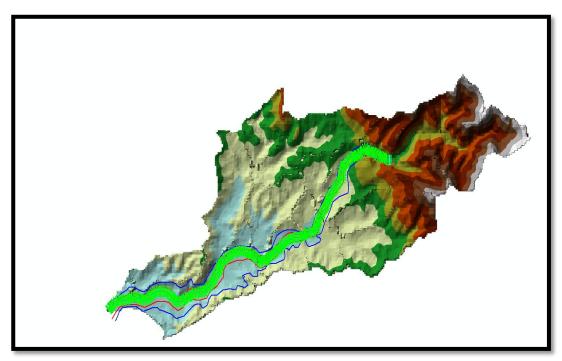


Figura 24: Generación de geografía con Hec GeoRAS

## 3.8.3 Coeficiente De Manning (η)

Este parámetro distintivo en las modelaciones que permiten determinar la capacidad de transporte en las secciones transversales que son irregulares y compuestas no es constante el coeficiente debido a la capa vegetal presente en las planicies de inundación a diferencia del cauce principal del rio, por lo tanto, se ha tomado indicies de la (Tabla 29).

Con base a los valores mostrados los valores de "n" se han tomado 0.028 en los bordes: izquierdo y derecho y 0.03 para el centro del río para secciones irregulares para los tres escenarios.

Tabla 29: Valores del coeficiente de Mannina

	TI	Mínimo	Normal	Máximo		
	D.1. CORRIENTES MENORES	a) b)	Ríos y planicies rectos, sin zonas muertas con piedras y malezas. Tormenta de montañas, sin vegetación bordes abruptos. Arboles y arbustos sumergidos. Parcialmente en crecidas con piedras y pocas rocas grandes	0.025 0.030 0.035 0.045 0.075	0.030 0.036 0.045 0.050 0.100	0.033 0.040 0.050 0.060 0.150
RALES	D 2 DI ANICIES	2)	rocas y piedras en el fondo.	0.040	0.050	0.070
NATUR	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a) b)	Con pastos sin arbustos Pastizales altos, pastizales bajos Áreas cultivadas	0.025 0.030	0.030 0.035	0.035 0.050
NTES		c)	Sin cultivo Con cultivos Arbustos y malezas	0.020 0.030	0.030 0.040	0.040 0.050
CORRIENTES NATURALES		d)	Escasos densos Arboles Sauces	0.040 0.070	0.060 0.100	0.080 0.160
D. O			Tierra despejada de troncos	0.110 0.030	0.15 0.040	0.200 0.050
	D3 RÍOS PRINCIPALES (ANCHO SUPERIOR A 30 M)		cciones regulares cciones irregulares	0.025 0.035	-	0.060 0.100

Fuente: Hidráulica de canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983

## 3.8.4 Coeficiente de Perdida de Energía

Uno de los coeficientes que se han asumido en la simulación de inundaciones por contracción y expansión requeridos por el modelo, se ha optado por asumir rangos para una transición moderada y abrupta haciendo referencia a la presencia de estructuras.

Las secciones transversales con presencia de estructuras de paso encontradas tanto actualmente como futuras para la situación actual y futura se consideran como transición abrupta (Tabla 30).

Tabla 30: Valores de Contracción y Expansión

TRANSICIÓN	CONTRACCIÓN	EXPANSIÓN
Moderada	0.1	0.3
Abrupta	0.6	0.8

Fuente: US. Army Corps

## 3.9 Descripción del programa HEC RAS

El sistema de análisis de ríos HEC RAS del centro de ingeniería hidrológica CEIWR-HEC permite al usuario realizar (Fig.27):

- Flujo constante unidimensional.
- Cálculos de flujo inestable unidimensional y bidimensional.
- Cálculos de transporte de sedimentos / lecho móvil.
- Modelado de la temperatura del agua / calidad del agua.

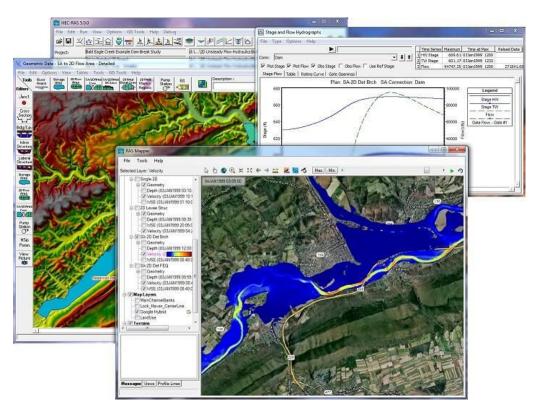


Figura 25: Ejemplo de simulación de mapas de inundación HEC RAS Fuente: Army Corps, 1998

Las versiones han ido mejorando y corrigiendo los errores de programación por ello la versión utilizada en este proyecto es HEC-RAS 5.0.7 el cual es la última adaptación hasta este momento.

## 3.10 Datos requeridos por el programa HEC RAS

A continuación, se presentan el proceso de ingreso de datos que requiere el programa HEC RAS.

## 3.10.1 Geometry Data

Archivo obtenido en el programa Arc MAP con ayuda de la extensión HEC Geo RAS, da la facilidad de obtener las secciones transversales, cada sección transversal con 10 puntos mínimos con coordenadas XY y cota de elevación, como se muestra en la Fig. 28.

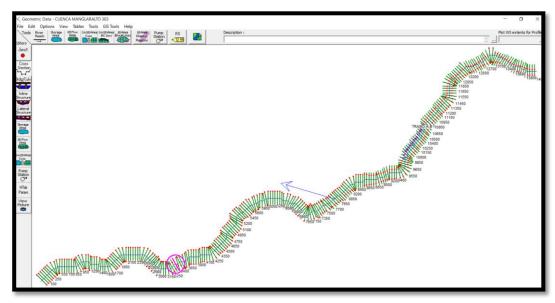


Figura 26: Exportación de geometría a HEC RAS

- Ingreso de valores de Manning para cada sección transversal
- Valores de contracción y expansión

# 3.10.2 Unsteady Flow Data

- Boundary conditions
  - o Flow Hydrograph
  - Normal Depth
  - Lateral inflow hydrograph
  - Initial conditions

# **CAPÍTULO IV**

# 4. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS PARA LA MODELACIÓN

En este estudio se conoce como escenarios a las variables que permiten generar situaciones análisis y comparaciones los que permitirán sustentar la orientación del valor y conclusiones de observación de resultados que busca crear una realidad virtual de la cuenca del río Manglaralto de una situación actual a una situación futura probable mediante la utilización de software utilizada para la modelación hidrológica y creación de proyectos en la cuenca de estudio.

Para la creación de escenarios se tomó tres escenarios importantes los cuales permitieron obtener diferentes modelos de la cuenca del río Manglaralto:

#### Escenario 1

Situación natural

#### Escenario 2

Situación actual

## Escenario 3

Situación futura con TR= de 50 años

## 4.1 Escenarios del Modelo

## 4.1.1 Escenario 1

Para el escenario 1 se basa en la situación natural del terreno, la generación de hidrogramas y la simulación de la lámina de agua se ve considerada en un tiempo de 24 horas. Se procede hacer la simulación determinando parámetros de inexistencia poblacional y estructuras de paso en sus alrededores para conocer el comportamiento del río durante una precipitación de 24 horas.

Las tablas 31 presenta los datos generales obtenidos del ingreso de precipitación dando a conocer los caudales en m³/s y volumen pico en mm

tanto para las subcuencas, tramos principales y puntos de unión o recolección de aguas y la hora que topa el valor máximo.

# Situación Natural:

Tabla 31: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación natural

Elemento	Área km²	Caudal Pico	lumen y caudal pico-situació Fecha-Hora	Volumen pico
Junction-1	6.74	79.4	01dic2005, 12:00	270.49
Junction-10	44.25	355.4	01dic2005, 13:00	239.05
Junction-11	31.79	270.4	01dic2005, 13:00	250.09
Junction-13	51.61	367.3	01dic2005, 14:00	246.93
Junction-2	10.37	104.5	01dic2005, 12:00	266.73
Junction-3	7.05	74.4	01dic2005, 12:00	240.89
Junction-4	16.77	152.4	01dic2005, 13:00	246.91
Junction-5	52.17	366.0	01dic2005, 14:00	247.67
Junction-6	26.46	246.5	01dic2005, 13:00	245.98
Junction-9	7.03	44.7	01dic2005, 12:00	162.80
Reach-1	6.74	73.4	01dic2005, 12:00	270.56
Reach-2	10.37	105.1	01dic2005, 13:00	266.90
Reach-3	7.05	69.7	01dic2005, 12:00	240.99
Reach-4	16.77	154.6	01dic2005, 13:00	247.00
Reach-5	26.46	231.4	01dic2005, 13:00	245.99
Reach-6	7.03	41.9	01dic2005, 13:00	162.81
Reach-7	31.79	268.8	01dic2005, 13:00	250.11
Reach-8	44.25	326.1	01dic2005, 14:00	239.05
Reach-9	51.61	363.7	01dic2005, 14:00	246.94
subcuenca 1	2.07	24.4	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 10	1.06	12.5	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 11	1.58	16.8	01dic2005, 12:00	240.89
Subcuenca 12	4.59	48.3	01dic2005, 12:00	240.89
Subcuenca 13	3.2	37.7	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 14	4.18	44.6	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 15	1.25	15.2	01dic2005, 12:00	281.12
Subcuenca 16	2.13	25.1	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 17	2.07	26.3	01dic2005, 12:00	301.64
Subcuenca 18	5.29	48.2	01dic2005, 13:00	291.50
Subcuenca 19	0.56	6.0	01dic2005, 12:00	314.80
Subcuenca 2	4.67	55.0	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 3	2.1	24.9	01dic2005, 12:00	270.49
Subcuenca 4	2.06	14.3	01dic2005, 12:00	162.80
Subcuenca 5	1.53	16.5	01dic2005, 12:00	244.70
Subcuenca 6	4.97	30.5	01dic2005, 12:00	162.80
Subcuenca 7	1.2	9.6	01dic2005, 12:00	184.44
Subcuenca 8	5.2	50.8	01dic2005, 12:00	221.43
Subcuenca 9	2.46	26.1	01dic2005, 12:00	240.89

## Situación Natural \*Tramo A-B\*

En este tramo se toma los datos de hidrograma de cada subcuenca que se unen en el tramo 1 y las posteriores al cauce principal que corresponden aguas abajo.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con una magnitud de  $104.5 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 3 y 5 directamente y lo conduce el tramo 1 de las subcuencas 1 y 2 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar (Tabla 32, Fig.29 30, 31, 32) de hidrogramas a continuación.

#### Punto A

Tabla 32: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas

	TIME	INFLOW	INFLOW	INFL	OUTFLOW	
		subcuenca 3	subcuenca 5	Tramo-1		m³/s
				subcuenca 1	subcuenca 2	
01dic2005	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	02:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
01dic2005	03:00	0.6	0.1	1.4	0.6	2.0
01dic2005	04:00	1.5	0.5	3.3	1.5	6.0
01dic2005	05:00	2.3	1.0	5.2	2.3	10.1
01dic2005	06:00	3.2	1.6	7.0	3.1	14.1
01dic2005	07:00	4.0	2.2	8.8	3.9	18.2
01dic2005	08:00	4.9	2.8	10.9	4.8	22.6
01dic2005	09:00	6.0	3.6	13.3	5.9	27.8
01dic2005	10:00	7.6	4.7	16.8	7.4	35.1
01dic2005	11:00	10.4	6.7	23.1	10.2	47.5
01dic2005	12:00	24.9	16.5	55.0	24.4	104.5
01dic2005	13:00	18.6	12.6	41.1	18.2	104.5
01dic2005	14:00	12.6	8.6	27.8	12.3	63.0
01dic2005	15:00	9.5	6.6	21.1	9.4	49.6
01dic2005	16:00	7.9/	5.5	17.5	7.7	39.4
01dic2005	17:00	6.9	4.8	15.3	6.8	34.8
01dic2005	18:00	6.3	4.4	13.9	6.1	31.1
01dic2005	19:00	5.8	4.0	12.8	5.7	28.7
01dic2005	20:00	5.4	3.8	11.9	5.3	26.6
01dic2005	21:00	5.1	3.6	11.2	5.0	25.1
01dic2005	22:00	4.8	3.4	10.6	4.7	23.7
01dic2005	23:00	4.6	3.2	10.1	4.5	22.6
02dic2005	00:00	4.4	3.1	9.7	4.3	21.6
02dic2005	01:00	1.1	0.8	2.5	1.1	9.3
02dic2005	02:00	0.2	0.1	0.5	0.2	0.6
02dic2005	03:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6



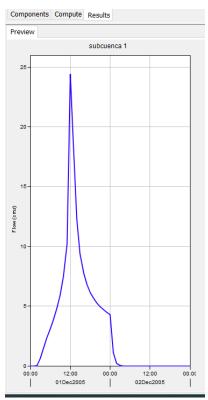


Figura 27: Hidrograma subcuenca 1

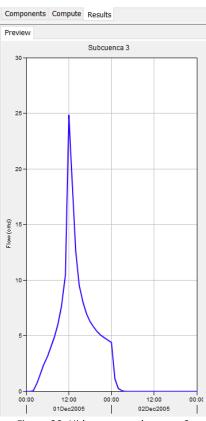


Figura 29: Hidrograma subcuenca 3

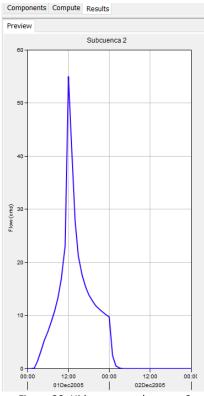


Figura 28: Hidrograma subcuenca 2

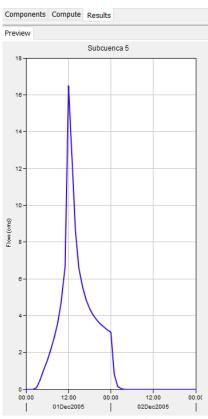


Figura 30: Hidrograma subcuenca 5

## **Entre el Tramo AB**

Los datos calculados indican que el caudal máximo acumulado se da a las 12 horas del día 1 con una magnitud de  $263.3 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 14 y 15 directamente más lo que conduce el tramo 7 y 6 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar en la (Tabla 33, Fig. 33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44) que corresponde a los de hidrogramas de cada subcuenca.

Tabla 33: Datos de Salida punto B

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
		Reach 7	Reach 6	Subcuenca 14	Subcuenca 15	m³/s
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	02:00	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
01dic2005	03:00	1.5	0.0	1.1	0.6	3.2
01dic2005	04:00	5.6	0.0	2.7	1.1	9.4
01dic2005	05:00	13.1	0.0	4.3	1.7	19.1
01dic2005	06:00	24.0	0.1	6.0	2.1	32.2
01dic2005	07:00	35.9	0.6	7.6	2.6	46.8
01dic2005	08:00	48.1	2.0	9.4	3.2	62.7
01dic2005	09:00	61.8	4.1	11.5	3.8	81.3
01dic2005	10:00	78.9	6.9	14.5	4.8	105.1
01dic2005	11:00	104.1	11.2	19.7	6.4	141.4
01dic2005	12:00	179.5	24.0	44.6	15.2	263.3
01dic2005	13:00	263.8	41.9	38.4	11.3	355.4
01dic2005	14:00	268.8	40.7	26.8	7.6	343.9
01dic2005	15:00	205.7	27.9	20.0	5.7	259.4
01dic2005	16:00	140.9	23.1	16.4	4.7	185.1
01dic2005	17:00	116.8	19.6	14.1	4.2	154.7
01dic2005	18:00	101.7	17.6	12.7	3.8	135.7
01dic2005	19:00	93.3	16.1	11.6	3.5	124.5
01dic2005	20:00	84.2	15.1	10.8	3.2	113.3
01dic2005	21:00	79.5	14.2	10.1	3.0	106.9
01dic2005	22:00	74.5	13.5	9.6	2.9	100.5
01dic2005	23:00	70.4	12.9	9.1	2.7	95.2
02dic2005	00:00	67.5	12.4	8.7	2.6	91.2
02dic2005	01:00	53.3	9.7	3.2	0.7	66.9
02dic2005	02:00	28.0	3.8	0.8	0.1	32.7
02dic2005	03:00	6.9	0.3	0.2	0.0	7.4
02dic2005	04:00	-0.1	0.3	0.0	0.0	0.3
02dic2005	05:00	0.6	-0.0	0.0	0.0	0.6
02dic2005	06:00	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
02dic2005	07:00	0.3	-0.0	0.0	0.0	0.3
02dic2005	08:00	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02dic2005	09:00	0.1	-0.0	0.0	0.0	0.1

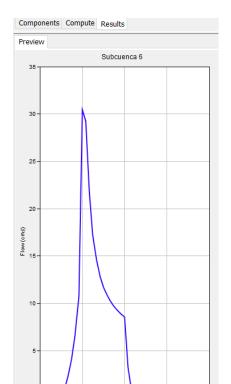


Figura 31: Hidrograma subcuenca 6

12:00 02Dec2005

12:00 01Dec2005

## Reach 6

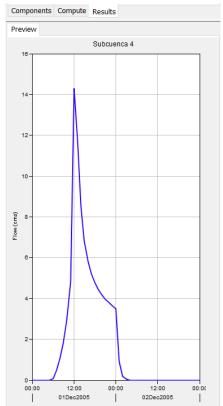


Figura 32: Hidrograma subcuenca 4

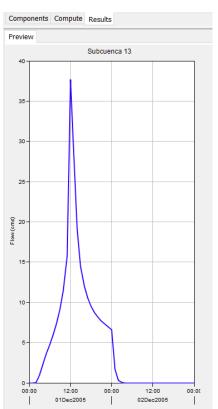


Figura 33: Hidrograma Subcuenca 13

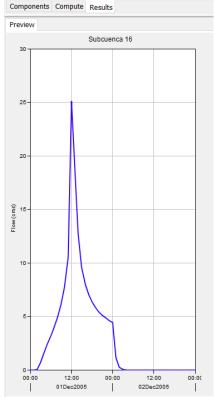


Figura 34: Hidrograma Subcuenca 16

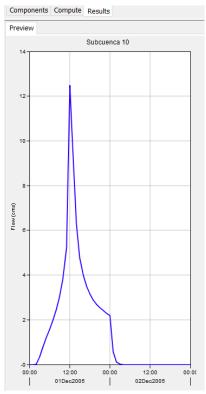


Figura 35: Hidrograma Subcuenca 10

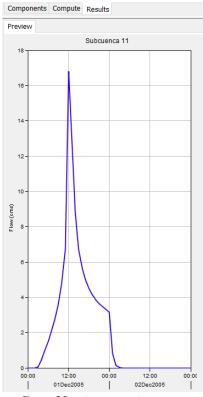


Figura 36: Hidrograma Subcuenca 11

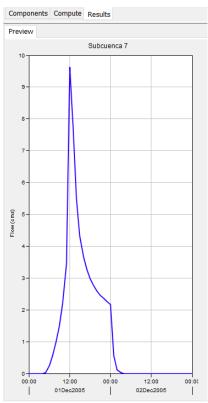


Figura 37: Hidrograma Subcuenca 7

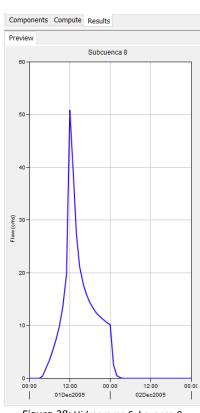


Figura 38: Hidrograma Subcuenca 8

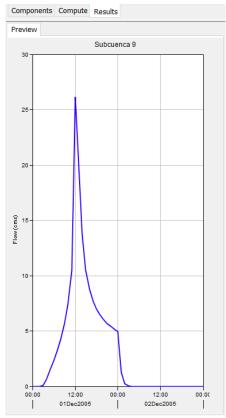


Figura 39: Hidrograma Subcuenca 9

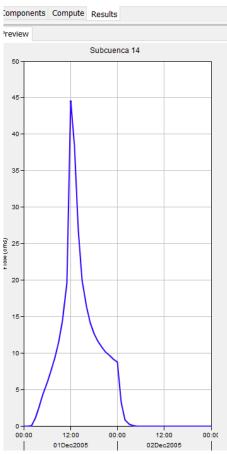


Figura 41: Hidrograma Subcuenca 14

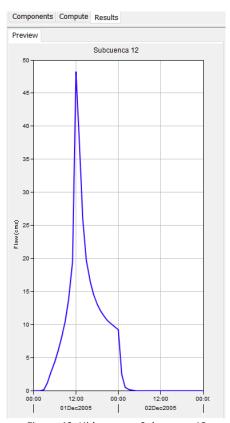
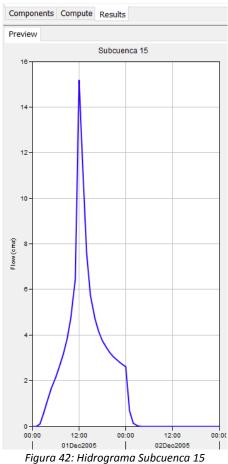


Figura 40: Hidrograma Subcuenca 12



## Situación Natural \*Tramo B-C\*

En este tramo se toma los datos de hidrograma de cada subcuenca que se unen en el tramo 9 y la subcuenca 19. Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 16 horas del día 1 con una magnitud de  $366 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 19 es directamente y lo conduce el tramo 9 de las subcuencas aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar en la (Tabla 34 y las Fig. 45, 46, 47) de hidrogramas de cada subcuenca a continuación.

## Datos de Hidrograma

Tabla 34: Datos de Salida tramo B-C

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
		REACH-9	SUBCUENCA 19	m³/S
01dic2005	02:00	0.3	0.3	0.6
01dic2005	03:00	1.5	0.6	2.1
01dic2005	04:00	4.2	0.9	5.1
01dic2005	05:00	8.6	1.1	9.7
01dic2005	06:00	15.3	1.3	16.6
01dic2005	07:00	25.1	1.5	26.6
01dic2005	08:00	38.1	1.7	39.8
01dic2005	09:00	54.0	1.9	55.9
01dic2005	10:00	72.6	2.3	74.9
01dic2005	11:00	94.7	3.0	97.7
01dic2005	12:00	128.7	6.0	134.7
01dic2005	13:00	183.0	5.8	188.8
01dic2005	14:00	249.5	4.1	253.6
01dic2005	15:00	317.8	3.0	320.8
01dic2005	16:00	363.7	2.4	366.0
01dic2005	17:00	349.0	2.0	351.1
01dic2005	18:00	284.1	1.8	285.9
01dic2005	19:00	216.4	1.6	218.0
01dic2005	20:00	175.1	1.5	176.6
01dic2005	21:00	154.8	1.4	156.2
01dic2005	22:00	141.7	1.3	143.0
01dic2005	23:00	130.9	1.3	132.2
02dic2005	00:00	122.5	1.2	123.7
02dic2005	01:00	114.3	0.6	114.9
02dic2005	02:00	102.4	0.2	102.6
02dic2005	03:00	85.1	0.0	85.1
02dic2005	04:00	61.0	0.0	61.0
02dic2005	05:00	33.0	0.0	33.0
02dic2005	06:00	11.3	0.0	11.3
02dic2005	07:00	1.5	0.0	1.5
02dic2005	08:00	-0.1	0.0	0.0
02dic2005	09:00	0.3	0.0	0.3
02dic2005	10:00	0.2	0.0	0.2
02dic2005	11:00	0.1	0.0	0.1

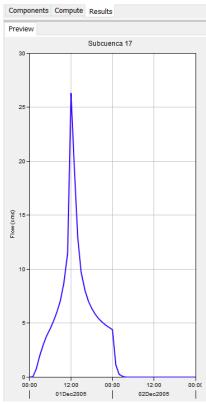


Figura 43: Hidrograma Subcuenca 17

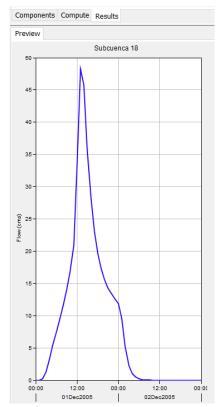


Figura 44: Hidrograma Subcuenca 18

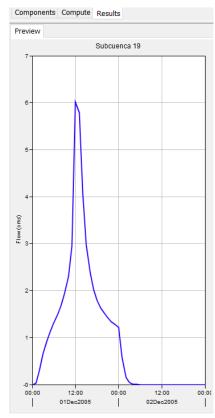


Figura 45: Hidrograma Subcuenca 19

## 4.1.2 Escenario 2

El escenario 2 está basado en la situación actual de la cuenca Manglaralto y se enfatiza en los tramos A y B donde existe tanto asentamiento poblacional como estructuras de paso de la misma forma se orientó a la situación de lluvia durante 24 horas.

Las tablas 35 presenta los datos generales obtenidos del ingreso de precipitación dando a conocer los caudales en m³/s y volumen pico en mm tanto para las subcuencas, tramos principales y puntos de unión o recolección de aguas y la hora que topa el valor máximo.

## SITUACIÓN ACTUAL

Tabla 35: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación actual

Elemento	Área km²	Caudal Pico	Fecha-Hora	Volumen pico
Junction-1	6.74	83.2	01dic2005, 12:00	288.06
Junction-10	44.25	419.4	01dic2005, 12:00	251.87
Junction-11	31.79	319.7	01dic2005, 13:00	266.41
Junction-13	51.61	425.4	01dic2005, 14:00	259.96
Junction-2	10.37	115.4	01dic2005, 12:00	284.15
Junction-3	7.05	78.7	01dic2005, 12:00	255.92
Junction-4	16.77	168.8	01dic2005, 13:00	263.33
Junction-5	52.17	405.7	01dic2005, 14:00	260.34
Junction-6	26.46	268.2	01dic2005, 13:00	262.04
Junction-9	7.03	49.1	01dic2005, 12:00	175.88
Reach-1	6.74	74.0	01dic2005, 12:00	288.50
Reach-2	10.37	118.8	01dic2005, 13:00	284.18
Reach-3	7.05	70.4	01dic2005, 12:00	256.29
Reach-4	16.77	174.7	01dic2005, 13:00	263.39
Reach-5	26.46	271.0	01dic2005, 13:00	262.05
Reach-6	7.03	49.6	01dic2005, 13:00	175.88
Reach-7	31.79	321.4	01dic2005, 13:00	266.45
Reach-8	44.25	365.5	01dic2005, 14:00	251.87
Reach-9	51.61	402.1	01dic2005, 14:00	259.96
subcuenca 1	2.07	25.6	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 10	1.06	13.1	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 11	1.58	17.8	01dic2005, 12:00	255.92
Subcuenca 12	4.59	51.0	01dic2005, 12:00	255.92
Subcuenca 13	3.2	39.5	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 14	4.18	42.5	01dic2005, 12:00	255.92
Subcuenca 15	1.25	15.7	01dic2005, 12:00	294.90
Subcuenca 16	2.13	26.3	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 17	2.07	27.0	01dic2005, 12:00	318.03
Subcuenca 18	5.29	49.6	01dic2005, 13:00	304.97
Subcuenca 19	0.56	5.8	01dic2005, 12:00	294.90
Subcuenca 2	4.67	57.7	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 3	2.1	25.9	01dic2005, 12:00	288.06
Subcuenca 4	2.06	15.6	01dic2005, 12:00	175.88
Subcuenca 5	1.53	17.4	01dic2005, 12:00	259.61
Subcuenca 6	4.97	33.4	01dic2005, 12:00	175.88
Subcuenca 7	1.2	10.4	01dic2005, 12:00	197.05
Subcuenca 8	5.2	54.4	01dic2005, 12:00	237.06
Subcuenca 9	2.46	27.6	01dic2005, 12:00	255.92

## Situación Actual \*Tramo A-B\*

En este tramo se toma los datos de hidrograma de cada subcuenca que se unen en el tramo 1 y las posteriores al cauce principal que corresponden aguas abajo.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con una magnitud de  $115.4\,m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 3 y 5 directamente y lo conduce el tramo 1 de las subcuencas 1 y 2 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar en la Tabla 36, Fig. 48,49,50,51 que presenta los hidrogramas de las subcuencas que conforman el tramo.

Tabla 36: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
		SUBCUENCA 3	SUBCUENCA 5	REACH-1	m³/S
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	02:00	0.3	0.0	0.7	1.0
01dic2005	03:00	1.3	0.2	3.4	4.9
01dic2005	04:00	2.2	0.8	6.8	9.8
01dic2005	05:00	3.1	1.4	9.5	14.0
01dic2005	06:00	3.9	2.0	12.2	18.1
01dic2005	07:00	4.7	2.6	14.7	22.0
01dic2005	08:00	5.6	3.2	17.5	26.3
01dic2005	09:00	6.7	4.0	20.9	31.6
01dic2005	10:00	8.3	5.2	25.6	39.0
01dic2005	11:00	11.1	7.2	33.9	52.2
01dic2005	12:00	25.9	17.4	72.1	115.4
01dic2005	13:00	19.2	13.1	74.0	106.3
01dic2005	14:00	12.9	8.9	38.9	60.7
01dic2005	15:00	9.7	6.8	35.3	51.8
01dic2005	16:00	8.0	5.6	24.7	38.3
01dic2005	17:00	7.0	4.9	24.1	36.1
01dic2005	18:00	6.4	4.5	20.0	30.9
01dic2005	19:00	5.8	4.1	19.4	29.4
01dic2005	20:00	5.4	3.9	17.4	26.7
01dic2005	21:00	5.1	3.6	16.7	25.5
01dic2005	22:00	4.8	3.4	15.6	23.9
01dic2005	23:00	4.6	3.3	15.0	22.9
02dic2005	00:00	4.4	3.1	14.2	21.7
02dic2005	01:00	1.1	0.8	6.3	8.2
02dic2005	02:00	0.2	0.2	-0.2	0.4
02dic2005	03:00	0.0	0.0	0.8	0.9
02dic2005	04:00	0.0	0.0	-0.4	0.0
02dic2005	05:00	0.0	0.0	0.2	0.2
02dic2005	06:00	0.0	0.0	-0.1	0.0
02dic2005	07:00	0.0	0.0	0.1	0.1
02dic2005	08:00	0.0	0.0	-0.1	0.0

# Gráfica de Hidrograma

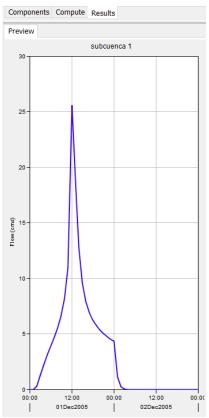


Figura 46: Hidrograma de Subcuenca 1

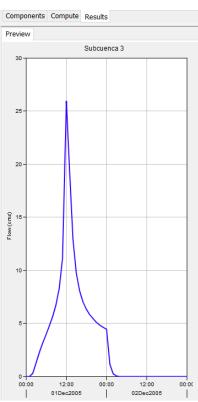


Figura 48: Hidrograma de Subcuenca

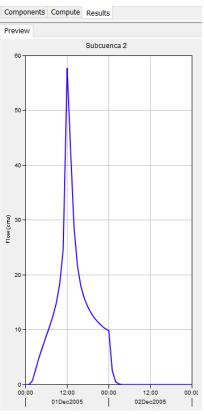


Figura 47: Hidrograma de Subcuenca

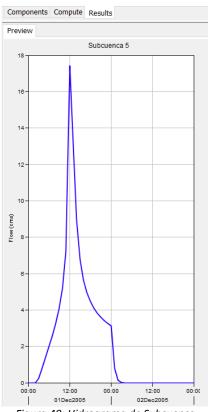


Figura 49: Hidrograma de Subcuenca

## **Entre el Tramos AB**

Los datos de salida en el extremo del tramo que se han calculados indican que el caudal máximo acumulado se da a las 12 horas del día 1 con una magnitud de  $419.4 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 14 y 15 directamente más lo que conduce el tramo 7 y 6 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar en la Tabla 37, Fig. 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, de los hidrogramas a continuación.

Tabla 37: Datos de Salida punto B

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
		SUBCUENCA 14	SUBCUENCA 15	SUBCUENCA 7	REACH 1	m³/S
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	02:00	0.0	0.3	0.9	0.0	1.2
01dic2005	03:00	0.4	0.9	5.2	0.0	6.6
01dic2005	04:00	1.7	1.5	14.3	0.0	17.5
01dic2005	05:00	3.2	2.1	26.4	0.0	31.7
01dic2005	06:00	4.8	2.5	38.6	0.4	46.4
01dic2005	07:00	6.4	3.0	50.4	1.7	61.5
01dic2005	08:00	8.2	3.5	63.1	3.7	78.5
01dic2005	09:00	10.4	4.1	77.6	6.2	98.3
01dic2005	10:00	13.3	5.1	96.6	9.5	124.4
01dic2005	11:00	18.4	6.8	126.7	14.8	166.6
01dic2005	12:00	42.5	15.7	233.7	33.7	325.6
01dic2005	13:00	36.9	11.6	321.4	49.6	419.4
01dic2005	14:00	26.0	7.7	259.0	37.6	330.3
01dic2005	15:00	19.5	5.8	166.9	28.2	220.4
01dic2005	16:00	16.0	4.8	130.6	23.0	174.4
01dic2005	17:00	13.8	4.2	114.1	19.9	152.0
01dic2005	18:00	12.4	3.8	98.3	17.9	132.4
01dic2005	19:00	11.4	3.5	91.6	16.5	123.0
01dic2005	20:00	10.6	3.3	83.5	15.4	112.8
01dic2005	21:00	10.0	3.1	79.0	14.6	106.6
01dic2005	22:00	9.4	2.9	73.8	13.8	100.0
01dic2005	23:00	9.0	2.8	70.7	13.2	95.6
02dic2005	00:00	8.6	2.6	66.9	12.7	90.8
02dic2005	01:00	3.2	0.7	47.0	8.4	59.3
02dic2005	02:00	0.8	0.1	14.1	1.9	16.9
02dic2005	03:00	0.2	0.0	0.6	0.5	1.3
02dic2005	04:00	0.0	0.0	0.6	0.1	0.7
02dic2005	05:00	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8
02dic2005	06:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	07:00	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4
02dic2005	08:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	09:00	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
02dic2005	10:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	11:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02dic2005	12:00	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
02dic2005	13:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02dic2005	14:00	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
02dic2005	15:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1

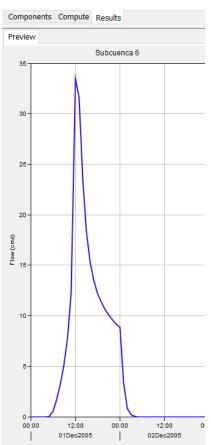


Figura 50: Hidrograma subcuenca 6

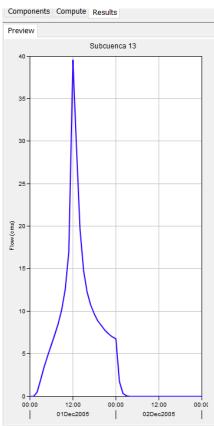


Figura 52: Hidrograma Subcuenca 13

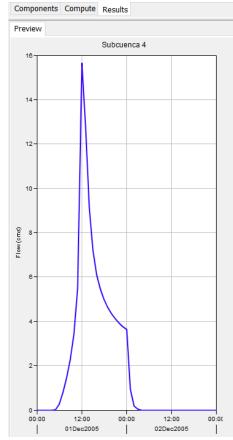


Figura 51: Hidrograma subcuenca 4

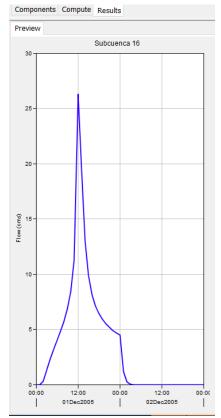


Figura 53: Hidrograma Subcuenca 16

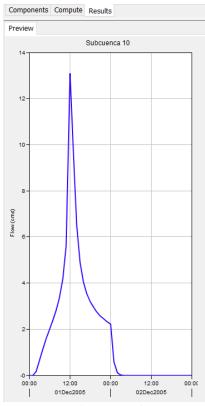


Figura 54: Hidrograma Subcuenca 10

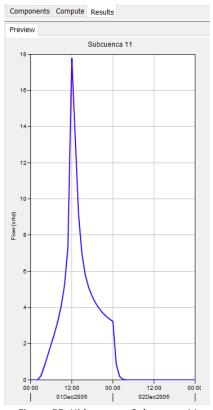


Figura 55: Hidrograma Subcuenca 11

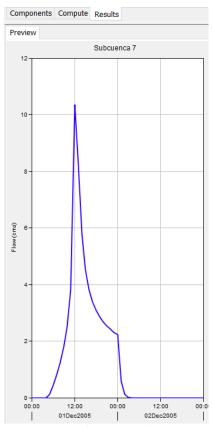
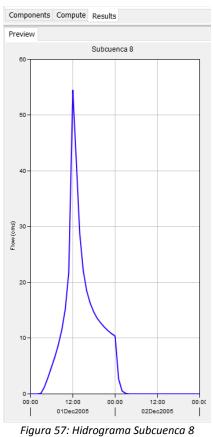


Figura 56: Hidrograma Subcuenca 7





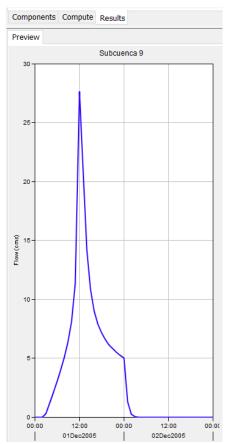


Figura 58: Hidrograma Subcuenca 9

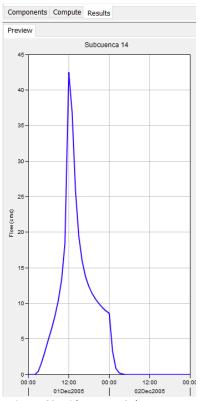


Figura 60: Hidrograma Subcuenca 14

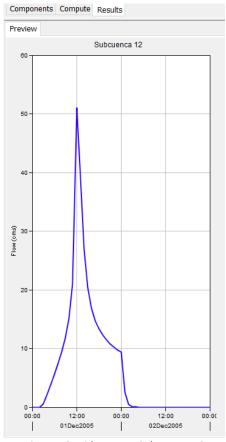


Figura 59: Hidrograma Subcuenca 12

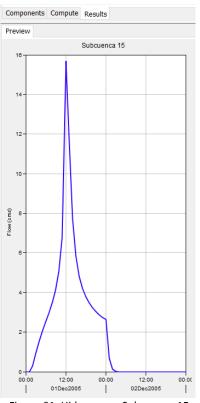


Figura 61: Hidrograma Subcuenca 15

## Situación Natural \*Tramo B-C\*

En este tramo se toma los datos de hidrograma de cada subcuenca que se unen en el tramo 9 y la subcuenca 19. Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 14 horas del día 1 con una magnitud de  $405.7 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 19 es directamente y lo conduce el tramo 9 de las subcuencas aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo, esto se puede observar en la Tabla 38 y las fig. 64, 65, 66, de hidrogramas a continuación.

Tabla 38: Datos de Salida tramo B-C

DATE	TIME INFLOW		INFLOW	OUTFLOW
		REACH-1	SUBCUENCA 19	M³/S
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0
01dic2005	01:00	0.1	0.0	0.1
01dic2005	02:00	1.4	0.1	1.5
01dic2005	03:00	4.9	0.3	5.2
01dic2005	04:00	11.5	0.6	12.1
01dic2005	05:00	22.2	0.8	23.0
01dic2005	06:00	36.5	1.1	37.6
01dic2005	07:00	52.8	1.3	54.1
01dic2005	08:00	70.2	1.5	71.7
01dic2005	09:00	89.1	1.8	90.9
01dic2005	10:00	111.2	2.1	113.4
01dic2005	11:00	140.3	2.8	143.1
01dic2005	12:00	199.1	5.8	204.9
01dic2005	13:00	306.1	5.6	311.7
01dic2005	14:00	401.7	4.0	405.7
01dic2005	15:00	402.1	2.9	405.1
01dic2005	16:00	323.2	2.3	325.5
01dic2005	17:00	248.1	2.0	250.1
01dic2005	18:00	202.9	1.8	204.6
01dic2005	19:00	174.0	1.6	175.6
01dic2005	20:00	154.4	1.5	155.9
01dic2005	21:00	141.1	1.4	142.5
01dic2005	22:00	130.6	1.3	132.0
01dic2005	23:00	122.6	1.3	123.9
02dic2005	00:00	115.9	1.2	117.1
02dic2005	01:00	105.7	0.6	106.3
02dic2005	02:00	82.0	0.2	82.2
02dic2005	03:00	47.2	0.0	47.2
02dic2005	04:00	18.7	0.0	18.7
02dic2005	05:00	6.3	0.0	6.3
02dic2005	06:00	2.5	0.0	2.5
02dic2005	07:00	1.1	0.0	1.1
02dic2005	08:00	0.5	0.0	0.5
02dic2005	09:00	0.3	0.0	0.3
02dic2005	10:00	0.1	0.0	0.1
02dic2005	11:00	0.1	0.0	0.1
02dic2005	12:00	0.1	0.0	0.1
02dic2005	13:00	0.1	0.0	0.1

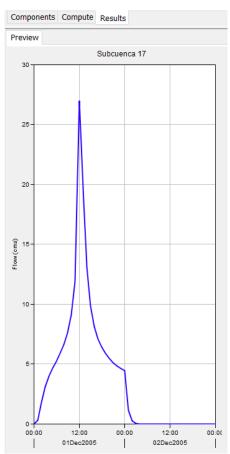


Figura 62: Hidrograma Subcuenca 17

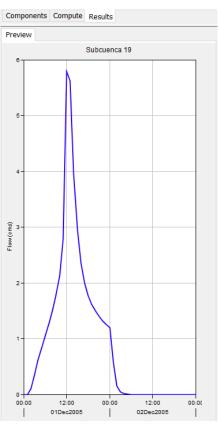


Figura 64: Hidrograma Subcuenca 19

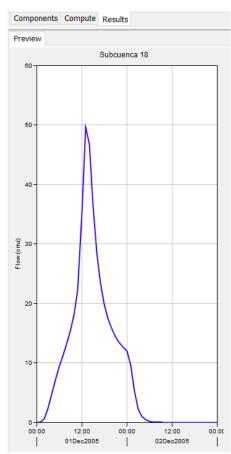


Figura 63: Hidrograma Subcuenca 18

### 4.1.3 Escenario 3

El escenario 3 se basa en la situación futura del terreno con periodo de retorno de 50 años para construcciones expectantes dentro de la cuenca como diques en la parte superior previstas por la prefectura de Santa Elena con el propósito de llevar una coordinación temporal de lluvia similar a los otros escenarios se tomó una precipitación con caudal pico durante 24 horas con una prolongación de horas para obtener los hidrogramas de crecida. Para efectos de la simulación de mapas de inundación sus parámetros fueron tomados en cuestión del coeficiente de rugosidad para partes con estructuras previstas en el futuro (Tabla 39).

Tabla 39: Resultados generales de volumen y caudal pico-situación futura

Elemento	Área km²	Caudal Pico	Fecha-Hora	Volumen pico
		m³/s		mm
Junction-1	6.74	147.0	01dic2070, 12:00	698.34
Junction-10	44.25	824.1	01dic2070, 13:00	657.14
Junction-11	31.79	605.2	01dic2070, 13:00	673.39
Junction-13	51.61	850.1	01dic2070, 14:00	666.39
Junction-2	10.37	209.7	01dic2070, 12:00	694.37
Junction-3	7.05	149.7	01dic2070, 12:00	663.07
Junction-4	16.77	314.9	01dic2070, 13:00	668.62
Junction-5	52.17	824.9	01dic2070, 14:00	666.85
Junction-6	26.46	504.9	01dic2070, 13:00	668.37
Junction-9	7.03	122.7	01dic2070, 12:00	549.58
Reach-1	6.74	131.9	01dic2070, 13:00	699.28
Reach-2	10.37	211.2	01dic2070, 13:00	694.40
Reach-3	7.05	135.1	01dic2070, 12:00	664.07
Reach-4	16.77	326.5	01dic2070, 13:00	668.78
Reach-5	26.46	515.0	01dic2070, 13:00	668.37
Reach-6	7.03	120.5	01dic2070, 13:00	549.58
Reach-7	31.79	608.9	01dic2070, 13:00	673.47
Reach-8	44.25	738.3	01dic2070, 14:00	657.14
Reach-9	51.61	817.2	01dic2070, 14:00	666.39
subcuenca 1	2.07	45.2	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 10	1.06	23.1	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 11	1.58	33.7	01dic2070, 12:00	663.07
Subcuenca 12	4.59	97.1	01dic2070, 12:00	663.07
Subcuenca 13	3.2	69.8	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 14	4.18	84.3	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 15	1.25	27.4	01dic2070, 12:00	709.03
Subcuenca 16	2.13	46.5	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 17	2.07	45.6	01dic2070, 12:00	729.00
Subcuenca 18	5.29	90.4	01dic2070, 13:00	719.23
Subcuenca 19	0.56	10.5	01dic2070, 12:00	709.03
Subcuenca 2	4.67	101.9	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 3	2.1	45.8	01dic2070, 12:00	698.34
Subcuenca 4	2.06	38.4	01dic2070, 12:00	549.58
Subcuenca 5	1.53	32.8	01dic2070, 12:00	667.25
Subcuenca 6	4.97	84.4	01dic2070, 12:00	549.58
Subcuenca 7	1.2	23.6	01dic2070, 12:00	585.28
Subcuenca 8	5.2	108.4	01dic2070, 12:00	636.45
Subcuenca 9	2.46	52.5	01dic2070, 12:00	663.07

## Situación Actual \*Tramo A-B\*

En este tramo se toma los datos de hidrograma de cada subcuenca que se unen en el tramo 1 y las posteriores al cauce principal que corresponden aguas abajo.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 11 horas del día 1 con una magnitud de  $209.7 \, m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 3 y 5 directamente y lo conduce el tramo 1 de las subcuencas 1 y 2 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo (Tabla 40, Fig.67,68,69,70).

Tabla 40: Punto A-Datos de precipitación Subcuencas

ATE	TIME	INFLOW	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
7112	THVIL	SUBCUENCA 3	SUBCUENCA 5	REACH-1	M <sup>3</sup> /S
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01dic2005	01:00	1.6	0.3	3.9	5.7
01dic2005	02:00	6.3	2.6	17.1	25.9
01dic2005		9.3	5.0	29.3	43.6
	03:00	9.3	6.6		52.6
01dic2005	04:00			34.8	
01dic2005	05:00	12.4	7.9	39.5	59.8
01dic2005	06:00	13.5	8.9	42.8	65.2
01dic2005	07:00	14.6	9.9	46.5	71.0
01dic2005	08:00	15.9	11.0	50.4	77.3
01dic2005	09:00	17.6	12.3	55.6	85.5
01dic2005	10:00	20.0	14.1	62.9	97.0
01dic2005	11:00	24.4	17.3	75.6	117.3
01dic2005	12:00	45.8	32.8	131.1	209.7
01dic2005	13:00	35.6	25.5	131.9	193.0
01dic2005	14:00	26.0	18.8	80.8	125.6
01dic2005	15:00	21.1	15.2	73.4	109.7
01dic2005	16:00	18.3	13.2	57.7	89.3
01dic2005	17:00	16.6	12.0	55.4	84.0
01dic2005	18:00	15.4	11.2	49.2	75.8
01dic2005	19:00	14.5	10.5	47.4	72.4
01dic2005	20:00	13.7	10.0	44.2	67.9
01dic2005	21:00	13.1	9.5	42.6	65.2
01dic2005	22:00	12.6	9.1	40.6	62.3
01dic2005	23:00	12.1	8.8	39.3	60.2
02dic2005	00:00	11.7	8.5	37.9	58.1
02dic2005	01:00	3.0	2.2	16.7	21.9
02dic2005	02:00	0.6	0.4	-0.3	1.0
02dic2005	03:00	0.1	0.1	2.0	2.2
02dic2005	04:00	0.0	0.0	-0.9	0.0
02dic2005	05:00	0.0	0.0	0.5	0.5
02dic2005	06:00	0.0	0.0	-0.3	0.0
02dic2005	07:00	0.0	0.0	0.2	0.2
02dic2005	08:00	0.0	0.0	-0.1	0.0
02dic2005	09:00	0.0	0.0	0.1	0.1



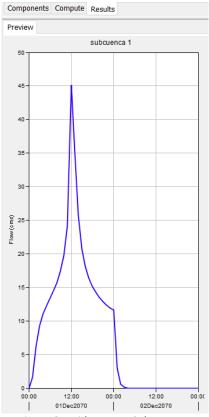


Figura 65: Hidrograma Subcuenca 1

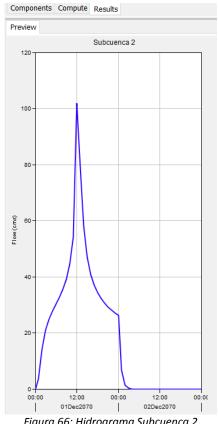


Figura 66: Hidrograma Subcuenca 2

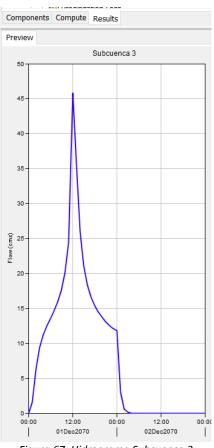


Figura 67: Hidrograma Subcuenca 3

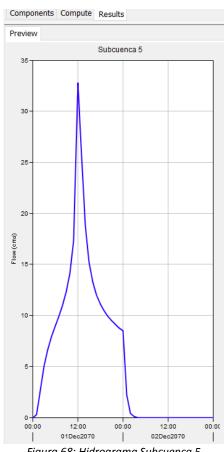


Figura 68: Hidrograma Subcuenca 5

Los datos de salida en el extremo del tramo que se han calculado indican que el caudal máximo acumulado se da a las 13 horas del día 1 con una magnitud de  $824.1\,m^3/s$ , el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 14 y 15 directamente más lo que conduce el tramo 7 y 6 aguas arriba. El hidrograma del cauce del tramo BC indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación y que su resultado es excluido la infiltración natural del suelo (Tabla 41, Fig. 71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82)

Tabla 41: Datos de Salida punto B

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW
		SUBCUENCA 14	SUBCUENCA 15	SUBCUENCA 7	REACH-1	M³/S
01dic2005	01:00	2.7	1.5	5.3	0.0	9.5
01dic2005	02:00	10.9	4.5	32.3	0.0	47.7
01dic2005	03:00	17.5	6.1	80.4	1.8	105.8
01dic2005	04:00	21.5	7.1	125.1	7.0	160.7
01dic2005	05:00	24.3	7.7	154.1	13.6	199.7
01dic2005	06:00	26.5	8.3	175.5	19.9	230.2
01dic2005	07:00	28.7	8.9	195.8	25.9	259.3
01dic2005	08:00	31.3	9.6	215.6	31.9	288.4
01dic2005	09:00	34.5	10.6	239.3	38.3	322.7
01dic2005	10:00	39.1	12.0	269.9	46.1	367.1
01dic2005	11:00	47.1	14.6	318.4	57.5	437.6
01dic2005	12:00	84.3	27.4	481.2	93.9	686.8
01dic2005	13:00	73.4	21.2	608.9	120.5	824.1
01dic2005	14:00	54.9	15.5	502.0	92.3	664.7
01dic2005	15:00	43.8	12.6	356.4	72.3	485.2
01dic2005	16:00	37.7	10.9	298.8	61.3	408.7
01dic2005	17:00	33.8	9.9	267.4	54.7	365.8
01dic2005	18:00	31.1	9.2	241.3	50.3	331.9
01dic2005	19:00	29.2	8.6	227.8	47.1	312.7
01dic2005	20:00	27.6	8.2	212.8	44.6	293.3
01dic2005	21:00	26.4	7.8	204.2	42.6	281.0
01dic2005	22:00	25.3	7.5	193.9	40.9	267.6
01dic2005	23:00	24.3	7.2	187.8	39.5	258.9
02dic2005	00:00	23.5	7.0	180.2	38.2	248.9
02dic2005	01:00	8.8	1.8	127.2	25.5	163.3
02dic2005	02:00	2.1	0.3	38.0	5.8	46.4
02dic2005	03:00	0.5	0.1	1.4	1.4	3.3
02dic2005	04:00	0.1	0.0	1.8	0.3	2.2
02dic2005	05:00	0.0	0.0	1.8	0.0	1.8
02dic2005	06:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	07:00	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
02dic2005	08:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	09:00	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6
02dic2005	10:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	11:00	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4
02dic2005	12:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2005	13:00	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
02dic2070	14:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2070	15:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02dic2070	16:00	0.0	0.0	-0.1	-0.0	0.0
02dic2070	17:00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1

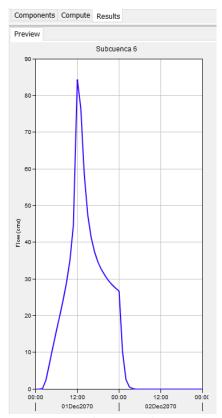


Figura 69: Hidrograma subcuenca 6

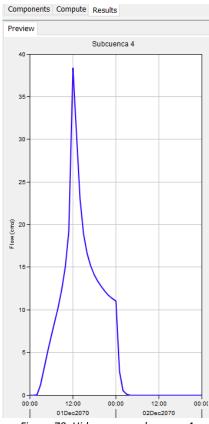


Figura 70: Hidrograma subcuenca 4

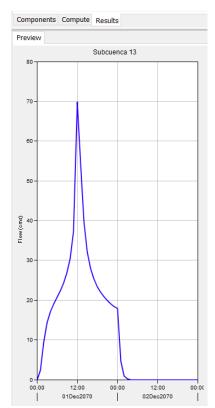


Figura 71: Hidrograma Subcuenca 13

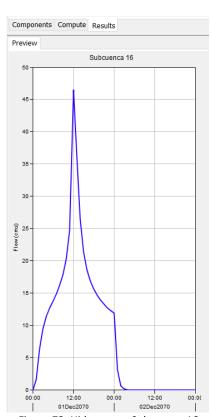


Figura 72: Hidrograma Subcuenca 16

## 84

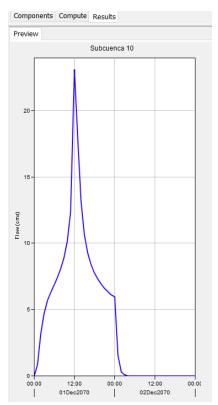


Figura 73: Hidrograma Subcuenca 10

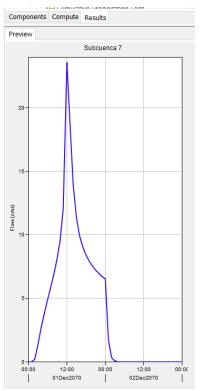


Figura 75: Hidrograma Subcuenca 7

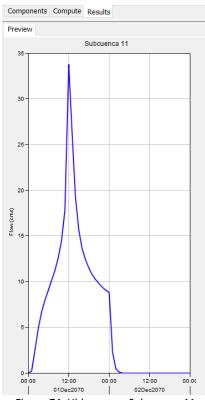


Figura 74: Hidrograma Subcuenca 11

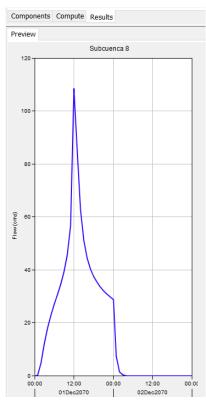


Figura 76: Hidrograma Subcuenca 8

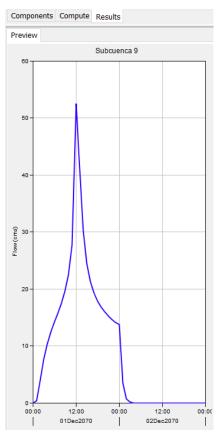


Figura 77: Hidrograma Subcuenca 9

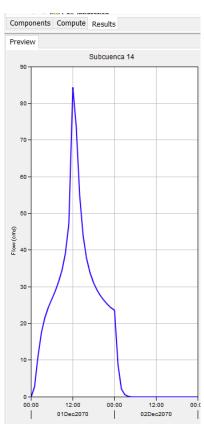


Figura 79: Hidrograma Subcuenca 14

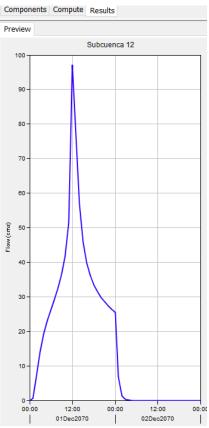


Figura 78: Hidrograma Subcuenca 12

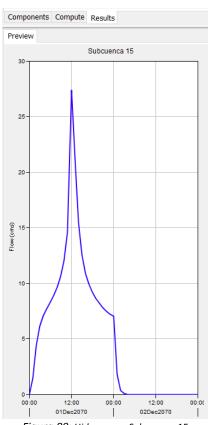


Figura 80: Hidrograma Subcuenca 15

## Tramo B-C Situación Futura

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 14 horas del día 1 con una magnitud de 824 m³/s, el cual es producto de lo que aporta la subcuenca 19 junto con el tramo 9. El hidrograma de este cauce del tramo BC i indica que el caudal es exclusivo del evento de precipitación el caudal se mantiene contante a partir de las 14 horas del 2 de diciembre. Esto se puede observar en la tabla 42 y las Fig.83,84,85.

Tabla 42: Datos de Salida tramo B-C

DATE	TIME	INFLOW	INFLOW	OUTFLOW	
		REACH-9	SUBCUENCA 19	M³/S	
01dic2005	00:00	0.0	0.0	0.0	
01dic2005	01:00	4.4	0.5	4.8	
01dic2005	02:00	21.1	1.6	22.7	
01dic2005	03:00	55.3	2.5	57.7	
01dic2005	04:00	107.0	3.0	110.0	
01dic2005	05:00	164.3	3.3	167.6	
01dic2005	06:00	214.6	3.6	218.2	
01dic2005	07:00	255.1	3.9	259.0	
01dic2005	08:00	290.4	4.2	294.6	
01dic2005	09:00	325.0	4.6	329.6	
01dic2005	10:00	363.0	5.2	368.2	
01dic2005	11:00	411.9	6.2	418.0	
01dic2005	12:00	505.6	10.5	516.0	
01dic2005	13:00	671.9	10.2	682.0	
01dic2005	14:00	817.2	7.7	824.9	
01dic2005	15:00	807.2	6.1	813.3	
01dic2005	16:00	672.3	5.2	677.4	
01dic2005	17:00	547.4	4.6	552.0	
01dic2005	18:00	469.9	4.2	474.2	
01dic2005	19:00	418.8	4.0	422.8	
01dic2005	20:00	383.5	3.7	387.3	
01dic2005	21:00	358.4	3.6	361.9	
01dic2005	22:00	338.4	3.4	341.8	
01dic2005	23:00	322.6	3.3	325.9	
02dic2005	00:00	309.2	3.2	312.4	
02dic2005	01:00	285.4	1.5	287.0	
02dic2005	02:00	223.5	0.4	223.9	
02dic2005	03:00	129.0	0.1	129.1	
02dic2005	04:00	51.0	0.0	51.0	
02dic2005	05:00	17.2	0.0	17.2	
02dic2005	06:00	6.9	0.0	6.9	
02dic2005	07:00	2.8	0.0	2.8	
02dic2005	08:00	1.2	0.0	1.2	
02dic2005	09:00	0.7	0.0	0.7	
02dic2005	10:00	0.4	0.0	0.4	
02dic2005	11:00	0.3	0.0	0.3	
02dic2005	12:00	0.2	0.0	0.2	
02dic2005	13:00	0.2	0.0	0.2	
02dic2005	14:00	0.1	0.0	0.1	
02dic2005	15:00	0.1	0.0	0.1	
02dic2005	16:00	0.1	0.0	0.1	
02dic2005	17:00	0.1	0.0	0.1	

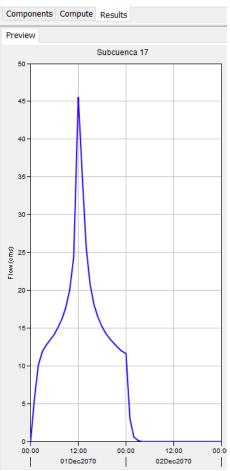


Figura 81: Hidrograma Subcuenca 17

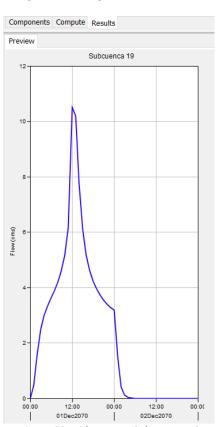


Figura 83: Hidrograma Subcuenca 19

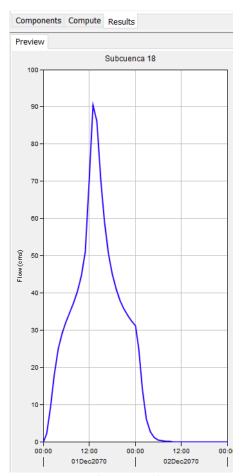


Figura 82: Hidrograma Subcuenca 18

## **CAPÍTULO V**

### 5. RESULTADOS: MAPAS DE AMENAZA DE INUNDACIÓN

En este capítulo se estiman las zonas inundables en diferentes escenarios, criterios necesarios para la determinación de mapas de inundación para determinar el nivel de amenaza, para este trabajo se simularon 3 tipos de escenarios en los que se representan las posibles amenazas hídricas respecto al flujo en la cuenca.

Una vez que se conoció el área de inundación obtenida por el programa HEC RAS, los criterios para determinar los mapas de menaza por inundación en la cuenca para los escenarios propuestos se basan en la Fig. 86, en la que indica un rango que va desde una amenaza residual a amenaza alta.

Significado de los mapas de amenazas para la planificación del territorio			
Leyenda para mapas multiamenazas	Leyenda mapas amenaza por inundaciones	Pérdidas y daños previsi- bles en caso de uso para asentamientos humanos	Implicaciones para el ordenamiento territorial
Rojo	Amenaza Alta (Azúl oscuro)	Las personas están en peligro tanto adentro como fuera de los edificios. Existe alto peligro de destrucción repentina de edificios. Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte. En este caso, las personas están amenazadas afuera de los edificios.	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o de nsificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas deben ser reubicadas a largo plazo, o pro- tegidas con obras de protec- ción, sistemas de alerta tempra- na y evacuación temporal.
Naranja	Amenaza Media (Azúl)	Las personas están en peligro afuera de los edificios, pero no o casi no aden- tro.  Se debe contar con daños en los edifi- cios, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del sueby normas de construcción apropiados. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.
Amarillo	Amenaza Baja (Celeste)	El peligro para las personas es débil o inexistente. Los edificios pueden sufrir daños leves, pero puede haber fuertes daños al interior de los mismos.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas moderadas y poco probables, para que co- nozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante éstas.
Rayas Amarillas	Amenaga residuel (Pagas soulos)	Existen amenazas que tienen una pro- babilidad de ocurrencia muy débil y que se pueden manifestar con una intensi- dad fuerte.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual los usuarios del sue- lo deben ser sensibilizados ante la existencia de amenazas muy poco probables, para que conoz- can y apliquen reglas de compor- tamiento apropiadas ante éstas.
		Verde Claro - ninguna amenaza conocida, o despreciable según el estado actual de conocimientos	
Zonas de Susceptibilidad		Zonas en donde los análisis realizados son muy indicativos, por lo que no se pueden realizar estimaciones de frecuencias o alturas de agua o estos son muy imprecisos. Generalmente las zonas corresponden a aquellas afectadas por eventos extremos (Mitch).	

Figura 84: Significado de los Mapas de Inundación

5.1 Modelación Hidrodinámica

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la modelación

hidrodinámica de un evento de crecida ocurrido en para periodos de retorno

de 5 y 50 años, con lo que se simula las situaciones: natural, actual y futura

en la población que se asienta dentro de los límites de la cuenca.

5.1.1. Simulación

En la simulación de eventos de crecida se establecen las siguientes

condiciones, considerando los siguientes parámetros de contorno:

Geometría

Longitud del tramo: 13.875 km

Número de secciones transversales: 187

Longitud de las secciones transversales:150

Distancia entre las secciones transversales:75

Condiciones de frontera

Flujo no permanente (hidrogramas)

Pendiente del tramo: 0.01

Coeficiente de Manning:

Margen Izquierdo: 0.028 y Margen Derecho:0.028

Centro:0.03

Variación de los coeficientes de contracción en estructuras de paso

para escenarios 2 y 3

Contracción 0.6

Expansión 0.8

Simulación Escenario 1

Los resultados de la simulación del Escenario 1, que corresponde a la

situación natural, indican que el cauce fluye con normalidad, notando donde

90

se presenta la llanura de inundación en el espacio, consiguiendo como resultado que esta se da en los sectores que poseen menor pendiente. En la Fig. 87 se representa el perfil longitud del río tramo ABC en la que se observa la pendiente del cauce y llanura de inundación.

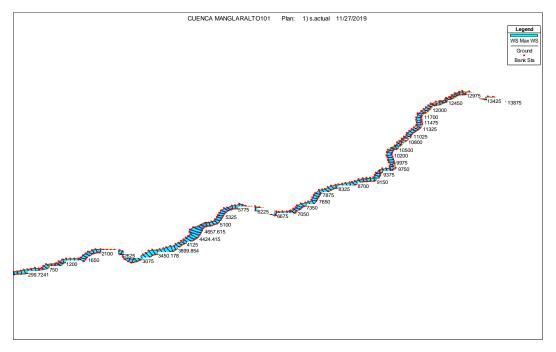


Figura 85: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.N.

La simulación muestra en la sección transversal "XS 1050" (Fig. 88), que la inundación presenta una columna máxima de agua que se encuentra sobre la cota del terreno natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 50m de desface respecto al eje del río. La Fig. 89 muestra el caudal mínimo como resultado de la precipitación una vez pasada la tormenta.

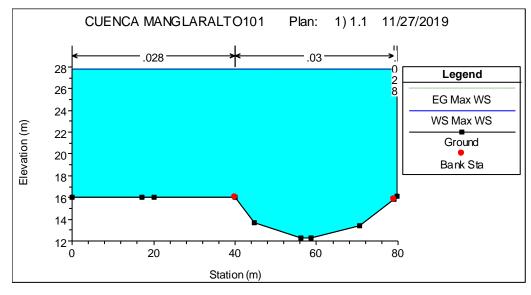


Figura 86: Máximo caudal sección 1050 S.N.

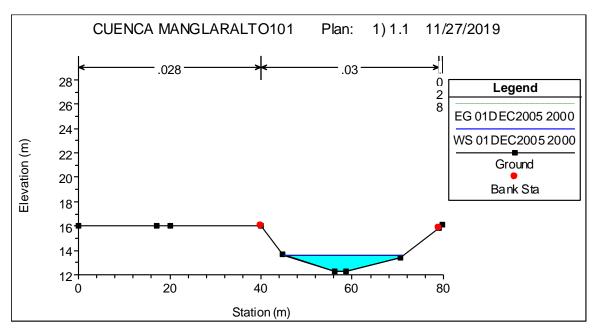


Figura 87: Mínimo Caudal sección 1050 S.N.

En la Fig. 90, 91 se manifiestan las velocidades del flujo en esa sección transversal, muestra que a las 15:00 horas y 16:00 horas, que es donde ocurre el caudal máximo, se obtienen velocidades de 0.04 y-0.02 m/s.

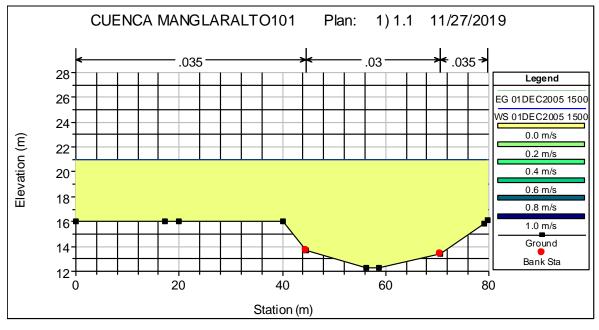


Figura 88: Velocidad de la sección 1050 S.N.

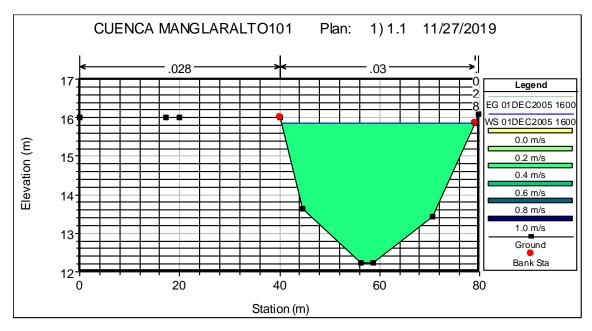


Figura 89: Velocidad de la sección 1050 S.N.

El perfil longitudinal en la que se representa la lámina de agua del río producto de la tormenta que se da en la cuenca, se observa en las zonas donde son casi horizontales y en las depresiones que forma la topografía (Fig. 92).

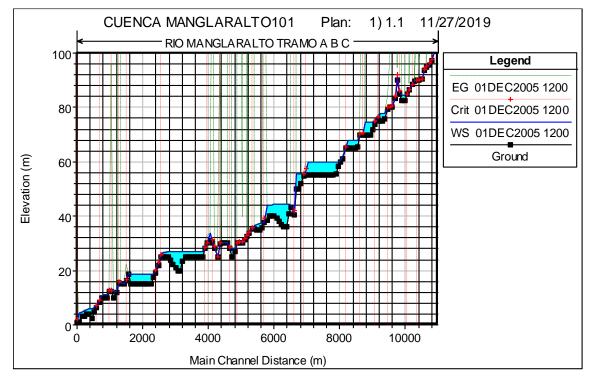


Figura 90: Lámina de agua Situación Natural S.N.

#### Simulación Escenario 2

Los resultados de la simulación del Escenario 2, que corresponde a la situación actual, indican que el cauce fluye con normalidad, notando donde se presenta la llanura de inundación en el espacio, consiguiendo como resultado que esta se da en los sectores que poseen menor pendiente. En la Fig. 93 se representa el perfil longitud del río tramo ABC en la que se observa la pendiente del cauce y llanura de inundación.

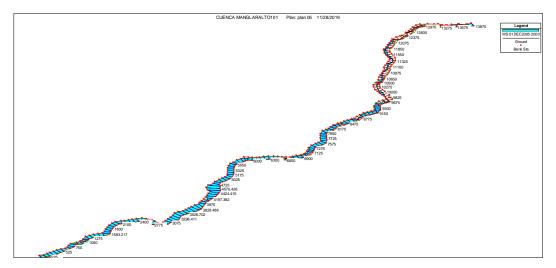


Figura 91: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.A.

La simulación muestra en la sección transversal "XS 1050" (Fig. 94), es una de las secciones donde existe un puente actualmente. La inundación presenta una columna máxima de agua que se encuentra sobre la cota del terreno natural (Fig. 95), desbordándose y consiguiendo una inundación de 50m de desface respecto al eje del río. La Fig. 96 muestra el caudal mínimo como resultado de la precipitación una vez pasada la tormenta.

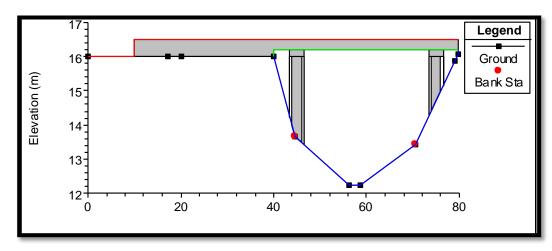


Figura 92: Puente E-15

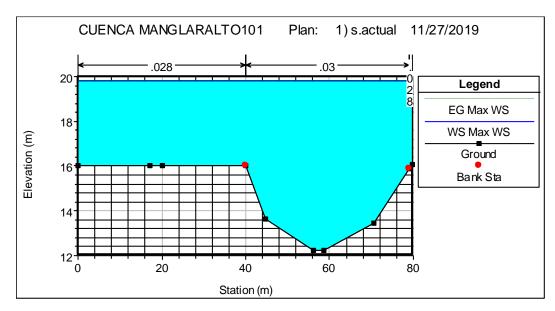


Figura 93: Máximo caudal sección 1050 S.A.

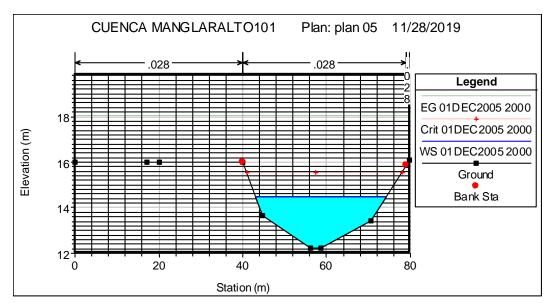


Figura 94: Mínimo caudal sección 1050 S.A.

En la Fig. 97 las velocidades del flujo en esa sección transversal, muestra que a las 16:00 horas, que es donde ocurre el caudal máximo, se obtienen velocidades de 0.03m/s.

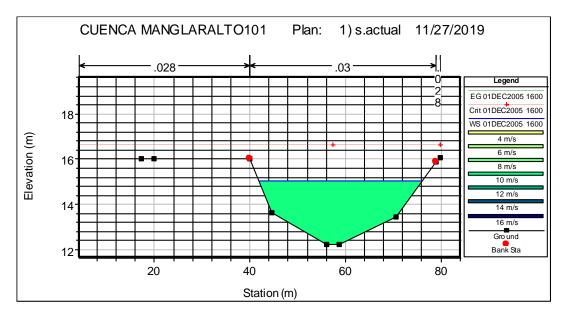


Figura 95 Velocidad de la sección 1050 S.A.

El perfil longitudinal en la que se representa la lámina de agua del río producto de la tormenta que se da en la cuenca, se observa en las zonas donde son casi horizontales y en las depresiones que forma la topografía (Fig. 98).

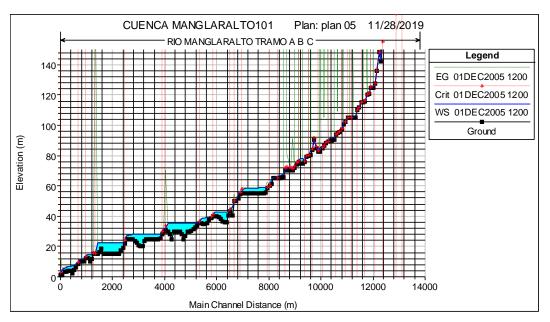


Figura 96: Lámina de agua Situación Natural S.A.

#### Simulación Escenario 3

Los resultados de la simulación del Escenario 3, que corresponde a la situación futura, indican que el cauce fluye con normalidad, notando donde se presenta la llanura de inundación en el espacio, consiguiendo como resultado que esta se da en los sectores que poseen menor pendiente. En la Fig. 99 se

representa el perfil longitud del río tramo ABC en la que se observa la pendiente del cauce y llanura de inundación.

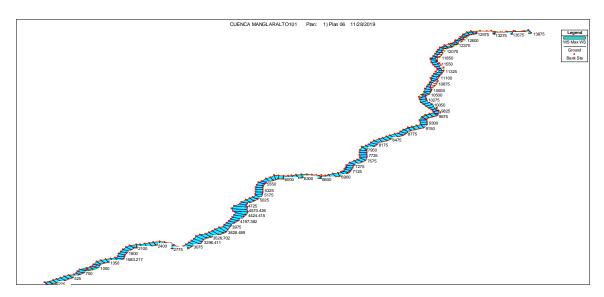


Figura 97: Perfil Longitudinal de la Llanura de inundación S.F.

La simulación muestra en la sección transversal "XS 3100" (Fig. 100), es una de las secciones que consta una estructura futura (baden). La inundación presenta una columna máxima de agua que se encuentra sobre la cota del terreno natural (Fig. 101), desbordándose y consiguiendo una inundación con desface respecto al eje del río. La Fig. 102 muestra el caudal mínimo como resultado de la precipitación una vez pasada la tormenta.

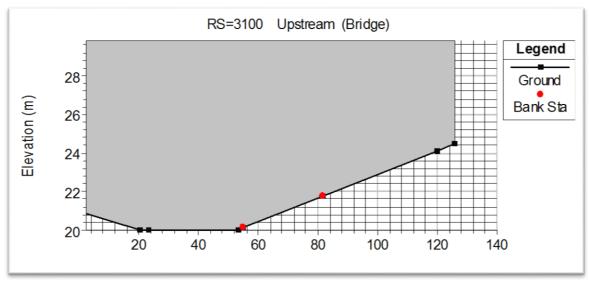


Figura 98: Sección transversal de Dique XS 3100

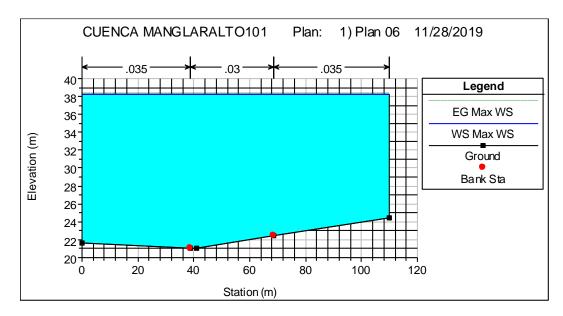


Figura 99: Máximo caudal sección 3075 S.F.

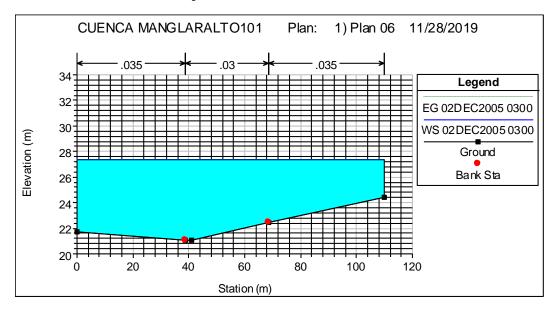


Figura 100: Mínimo caudal sección 3075 S.F.

Las velocidades del flujo en esa sección transversal indican en la Fig. 103 que a las 15:00 hora del caudal máximo se tiene velocidades 1.56 m/s.

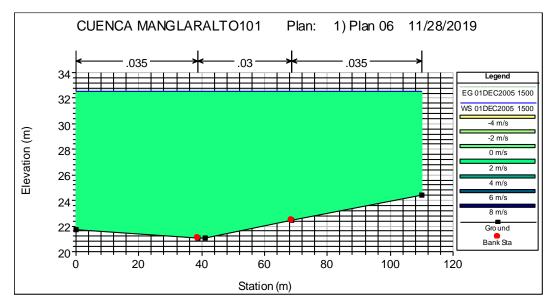


Figura 101: Velocidad de la sección 3075 S.A.

El perfil longitudinal en la que se representa la lámina de agua del río producto de la tormenta que se da en la cuenca, se observa en las zonas donde son casi horizontales y en las depresiones que forma la topografía (Fig. 104).

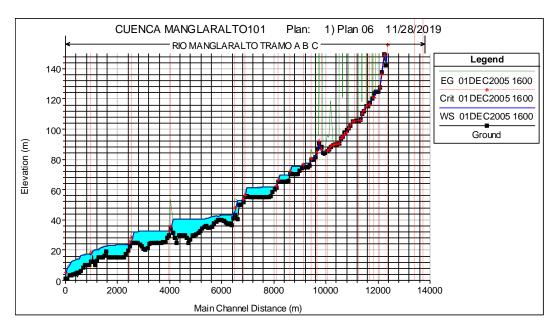


Figura 102: Lámina de agua Situación Natural S.F.

## **CAPÍTULO VI**

#### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- En el presente trabajo se elaboraron tres mapas de inundación, de los que el escenario 1 que corresponde a la situación natural de la cuenca, es decir sin presencia de actividades humanas, se concluye que bajo esas condiciones no existe riesgo de inundaciones a lo largo del tramo ABC.
- En el escenario 2 (situación actual) y en el escenario 3 (situación futura), se realiza la simulación con un periodo de retorno de 10 años y 50 años respectivamente, así como los diques y estructuras de paso se encuentran representados mediante la modificación de los parámetros de expansión y contracción, para el escenario 2, se presentan inundaciones aisladas en varios sectores de la cuenca media, existiendo un bajo riesgo de inundación, mientras que en el escenario 3, existe un potencial riesgo de inundación en la cuenca baja.
- La simulación numérica del flujo superficial que discurre por el río Manglaralto, se concluye que la escorrentía depende de los factores físicos propios de la cuenca, dependiendo principalmente de las precipitaciones, así como de la topografía que incide directamente en las pendientes existentes, dado que en el tramo AB la pendiente es de 5%, por lo que no existe riesgo de inundaciones en ambos escenarios, mientras que en el tramo BC la pendiente es de 1% y la afluencia de cauces hacía el río principal, lleva a que el riesgo aumente en aquella zona junto con el aumento de precipitaciones.
- Se estima que las poblaciones afectadas por el escenario 2 y escenario 3 de los tramos AB y BC de las comunidades Manglaralto y Dos mangas en donde ocurre un desbordamiento lateral del río a 50 metros del eje principal donde las poblaciones afectadas para el caso 1 es Dos Mangas, mientras que en el caso 2 las hacienda La Ponderosa, San

Luis, La Palma, Dos Mangas se ven afectados por el encuentro de los alimentadores del río y al aumento de caudal debido y exclusivamente a las precipitaciones.

Los mapas obtenidos de la simulación concluyen que los escenarios donde se presentan las mayores precipitaciones, considerando las estructuras de paso y diques para aumentar la recarga del acuífero que son representados por los parámetros de contracción y expansión, permiten realizar precauciones respecto a alertas tempranas de evacuación de personas y animales en riesgo de inundación, así como el correcto uso del suelo, donde no se podrá realizar obras civiles de vivienda.

#### 6.2 Recomendaciones

- Se debe instalar más estaciones meteorológicas para monitorear factores respecto al clima importantes como la precipitación, la que incide directamente en el riesgo de inundaciones, dado que actualmente la estación activa más próxima se encuentra en el Suspiro en la cuenca del río Valdivia, indicando que los datos utilizados en la presente investigación corresponden a la estación Manglaralto que actualmente no se encuentra operativa.
- Se sugiere realizar una actualización de las simulaciones del presente trabajo, en lo que respecta a precipitaciones y topografía a una escala menor para alcanzar mejores resultados para la prevención temprana.
- Realizar un ejercicio de contraste con otra metodología y software para comparar resultados que ayudaran a tomar las correctas decisiones para prevención de inundaciones.

#### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Amado, J. (1990). "Estudio Hidrogeológico de la cuenca Baja del río Manglaralto, Provincia del Guayas" Guayas-Ecuador. ESPOL.
- 2 Amakrishna B. (1997). Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: conceptos y Experiencias, Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible, Proyecto IICA/GTZ, San José Costa Rica.
- 3 Arévalo, M. (2017). Propuesta de diseño de construcción, acondicionamiento de un pozo de agua y su incidencia en la vulnerabilidad del acuífero costero en Manglaralto. Undergraduate, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil.
- 4 Baigorria, G. y otros tres autores (2004). *Atmospheric transmissivity:* distribution and empirical estimation around the central *Andes.* International Journal of Climatology.
- 5 Burbano, N. Becerra, S. Pasquel, E. (2011). Introducción a la hidrogeología del Ecuador. Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Quito, Ecuador.
- 6 Campoverde, J.; Fajardo, I. (2018). Contribución de la geología aplicada para la mejora en el diseño de un dique en la subcuenca del río Manglaralto, provincia de Santa Elena. Undergraduate, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil.
- 7 Catie (2005). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, "Elementos para diagnósticos biofísicos, Manual para el Manejo de Cuencas Hidrográficas", pg 4
- 8 Chow, V. T., D. Maidment and L. Mays. (1994). Hidrología Aplicada. Ed. Mc Graw Hill Interamericana S.A., Bogotá, 2000. 584 pp.
- 9 CIPAT-ESPOL (Guayaquil, Ecuador), SENAGUA (2014). Proyecto mapa Hidrogeológico escala 1:250.000. Informe inédito. [
- 10 Corporación Andina de Fomento (2000). Las lecciones de El Niño. Vol. 4: Ecuador. *Memorias*.
- 11 Espinoza, G. (1990). El manejo de los desastres naturales: Conceptos y definiciones básicas aplicadas a Chile. *Medio Ambiente y Urbanización*, 30, 21-30.
- 12 Espinoza, G.A. y E.R. Hakey (1989). Riesgos Climáticos: Evidencias en Chile Central En: Ecología del Paisaje en Chile Central, estudio sobre sus espacios montañosos. Pp41-52 Fuentes y Prenafeta (eds). Edic. P. Universidad Católica de Chile.

- 13 ESRI Press (Ed.). (2005). *Linear Referencing in ArcGIS: ArcGIS 9.* Esri Press.
- 14 Gaspari, F. J. (2012). Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Séptimo congreso de medio ambiente AUMG. La Plata Argentina.
- 15 Gooding, R. A., Harley, C. D., & Tang, E. (2009). Elevated water temperature and carbon dioxide concentration increase the growth of a keystone echinoderm. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106, 9316-9321.
- 16 Heerdegen, R.G. y Reich, B.M. (1974). Hidrogramas unitarios para cuencas de diferentes tamaños y regiones diferentes. *Journal of Hydrology*, 22 (1-2), 143-153.
- 17 Herrera, G. (2015). Estudio para un Modelo de Gestión de un Acuífero Costero, mediante Metodologías Participativas y Análisis Geoestadístico en el marco del Desarrollo Local. Manglaralto, Ecuador. Doctoral, Polytechnic University of Madrid.
- 18 INAMHI, I. (2013). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- 19 Jones, P.A. (1992). "Cloud cover distributions and correlations". Journal of Applied Meteorology, 31, pp. 732-741.
- 20 Linsley, R.; Kohler, M. y J. Paulhus (1993). Hidrología para ingenieros. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México. 386 pp
- 21 Mark, A. and P. E. Marek (2011). Hydraulic Design Manual. Texas Department of Transportation (TxDOT). Published by the Design Division (DES). USA.
- 22 Mármol, L. (2008). Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes. Universidad Nacional de Salta. Salta.
- 23 Morante, F.; Montalván. F.; Carrión, P.; Herrera, G.; Elorza, F.; Pilco. D; Solorzano, J. (2019). Hydrochemical And Geological Correlation To Establish The Salinity Of Groundwater Of The Coastal Aquifer Of The Manglaralto Ecuador River Basin.
- 24 O.M.M. (1975). Atlas Climático de América del Sur,vol. I (J. Hoffmann, Ponente). Organización Meteorológica Mundial, UNESCO, Cartographia, Budapest, Hungría, 28 cartas.
- 25 O.M.M. (1982). Informe Final Abreviado de la Octava Reunión de la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación, OMM N° 590, Anexo II. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.
- 26 Pagès, D.; Calbó, J. y González-Gutiérrez, J.A. (2001). Método para el análisis de la cobertura nubosa. Aplicación en Girona. en: Pérez-Cueva, A.J.; López Baeza, E. Y Tamayo Carmona, J. (Eds.). El Tiempo del Clima. AEC, Serie A (2), pp. 187-197

- 27 Recalde, C., Cisneros, C., Vaca, D., & Ramos, C. (2015). Relación de la Transmitancia Atmosférica con la Heliofanía y la Diferencia de Temperaturas Extremas Diarias en la Zona Ecuatorial Andina. *Información tecnológica*, 26(1), 143-150.
- 28 Rodríguez Vagaría, A., Gaspari, F., Kruse, E. (2014). Simulación espacio-temporal del escurrimiento por la interacción entre los cambios del uso del suelo y evolución pluvial. *Revista de Tecnologia*, 13.
- 29 SEMPLADES, MAGAP, INIGEMM (2012). Memoria Técnica Cantón Santa Elena "Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio A Nivel Nacional Escala 1: 25 000".
- 30 Sherman, L.k. (1932). Stream flow from rainfall by the unitgraph method Engin News-Rec. 108:501-505
- 31 UNESCO-WWAP. (2003). Water for people, water for life.
- 32 US ACE (US Army Corps of Engineers), 2008. Hydrologic modeling system (HEC-HMS) application guide: Version 3.1.0. Davis, CA: Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center
- 33 US Army Corps of Engineers (USACE), HEC-RAS (1998) River Analysis System, User"s Manual Version 2.2, Hydrologic Engineering Center, Davis, California
- 34 Valencia, J. I. (2017). Análisis hidrogeológico de la cuenca del río Manglaralto para la caracterización de sus sistemas acuíferos. Undergraduate, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil.

# Anexos

# Fotografías de Campo



Desembocadura de río Manglaralto



Vista lateral del puente E-15-Manglaralto



Vista frontal puente E-15-Manglaralto



Vegetación en el cauce del río Manglaralto



Dique (Taque) en cauce del río Manglaralto para aumentar recarga de acuífero.



Obra civil en la ribera del río Manglaralto



Pozo alimentador de agua #1



Estructura existente Baden en la Comuna Pajiza Margen Izquierdo



Estructura existente Baden en la Comuna Pajiza Margen derecho



Río principal con señas de erosión