

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TITULO

**“Estimación de caudales máximos con fines de
prevención de inundaciones aplicando el modelo
hidrológico HEC-RAS, caso Rio Zarumilla – 2018”**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Agrícola**

Autores

**Bach. ALEX MITCHEL OYOLA ROMERO
Bach. OSCAR ALEXANDER MEDINA TRONCOS**

ASESOR

Dr. José Modesto Carrillo Sarango

**Tumbes - Perú
2019**

DECLARACION DE ORIGINALIDAD

Los abajo firmantes declaran que los resultados en esta tesis, son producto de nuestro trabajo con el apoyo permitido de terceros en cuanto a su concepción y análisis. Asimismo, declaramos que hasta donde sabemos no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de citas y con propósitos exclusivos de ilustración o comparación.

En este sentido, afirmamos que cualquier información presentada sin citar a un tercero es de nuestra propia autoría. Declaramos, finalmente, que la redacción de esta tesis es producto de nuestro trabajo con la dirección y apoyo de nuestro asesor de tesis y nuestro jurado calificador, en cuanto a la concepción y al estilo de la presentación o a la expresión escrita.

EJECUTORES:

OYOLA ROMERO, ALEX MITCHEL

MEDINA TRONCOS, OSCAR ALEXANDER

CERTIFICACIÓN

Dr. JOSÉ MODESTO CARRILLO SARANGO

Docente Principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola.

CERTIFICA:

Que el presente Proyecto de Tesis:

“ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS CON FINES DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO HEC-RAS, CASO RIO ZARUMILLA – 2018”, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agrícola: Oyola Romero, Alex Mitchel y Medina Troncos, Oscar Alexander; ha sido asesorado y revisado por mi persona, por tanto, queda autorizado para su presentación e inscripción a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Tumbes para su revisión y aprobación correspondiente.

Tumbes, 15 de diciembre del 2019.

Dr. JOSÉ MODESTO CARRILLO SARANGO
Asesor del Proyecto de Tesis

TESIS

“ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS CON FINES DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO HEC-RAS, CASO RIO ZARUMILLA – 2018”

RESPONSABLES

BACH. OYOLA ROMERO ALEX MITCHEL

EJECUTOR

BACH. MEDINA TRONCOS OSCAR ALEXANDER

EJECUTOR

DR. CARRILLO SARANGO JOSÉ MODESTO

ASESOR

TESIS

“ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS CON FINES DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO HEC-RAS, CASO RIO ZARUMILLA – 2018”

JURADO DICTAMINADOR

Dr. Ing. PUÑO LECARNAQUE NAPOLEON

PRESIDENTE

Mg. Ing. ATOCHE ORTIZ DECIDERIO

SECRETARIO

Dr. Ing. MACEDA NICOLINI ENRIQUE ANTONIO

VOCAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



.....
**CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARIA ACADÉMICA
TUMBES - PERU**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

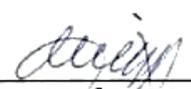
En Tumbes, a los Diecinueve.....día (s) del mes de Diciembre..... de dos mil diecinueve, se reunieron en la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 053-2018//UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (04-05-2018) y Resolución 0100-2018/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (21-08-2018) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **"ESTIMACION CAUDALES MAXIMOS CON FINES DE PREVENCION DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLOGICO HEC-RAS, CASO ZARUMILLA 2018"** para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. JOSE MODESTO CARRILLO SARANGO

A las Nueve..... horas con Diez..... minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon Aprobado..... por Unanimidad con el calificativo de Buena.....

Por lo tanto los Bachilleres: **MEDINA TRONCOS OSCAR ALEXANDER** y **OYOLA ROMERO ALEZ MITCHEL**, quedan aptos para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, les expida el Título Profesional de Ingeniero Agrícola de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

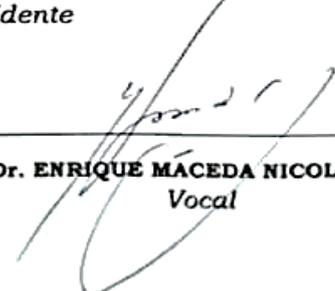
Siendo las Diez..... horas con quince..... minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.



Dr. NAPOLEON PUÑO LECARNAQUE
Presidente



Ing. DECIDERIO ATOCHE ORTIZ
Secretario



Dr. ENRIQUE MACEDA NICOLINI
Vocal

RESUMEN

El trabajo de investigación “ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS CON FINES DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO HEC-RAS, CASO RIO ZARUMILLA – 2018” tiene como finalidad determinar las zonas de inundación para evitar que la población del Distrito de Papayal, Provincia de Zarumilla, Región de Tumbes, sufra pérdidas humanas, económicas con la finalidad de realizar una simulación hidráulica para pronosticar una inundación. Los registros máximos fueron obtenidos del PEBPT, la cual proviene esta información hídrica de una estación hidrométrica Palmales ubicada en el río Zarumilla. Se calcularon para 6 períodos de retorno con la ayuda de Software Hidroesta2 y la media aritmética para diferentes años, también se realizó un levantamiento topográfico con un navegador GPS que fue procesado en Excel y se trabajó con el software ArcGIS 10.3 para las secciones transversales, la imagen fue exportada al software HEC-RAS para realizar esta simulación se calculó los perfiles hidráulicos y generó los mapas de inundación para cada año 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años con caudales de 445.07 m³/s, 722.00 m³/s, 889.71 m³/s, 1089.76 m³/s, 1231.50 m³/s y 1368.59 m³/s respectivamente y fue posible observar las áreas afectadas antes de una inundación en los años citados.

PALABRAS CLAVE:

Áreas Inundables, Fenómeno Meteorológico, Software Hec-Ras.

ABSTRACT

The research work “ESTIMATION OF MAXIMUM FLOWS FOR FLOOD PREVENTION PURPOSES APPLYING THE HEC-RAS HYDROLOGIC MODEL, CASE RIO ZARUMILLA - 2018” aims to determine the flood areas to prevent the population of the Papayal District, Province of Zarumilla , Tumbes Region, suffer human, economic losses in order to perform a hydraulic simulation to forecast a flood. The maximum records were obtained from the PEBPT, which comes from this water information from a palm-tree hydrometric station located on the Zarumilla River. They were calculated for 6 return periods with the help of Hidroesta2 software and the arithmetic mean for different years, a topographic survey was also carried out with a GPS navigator that was processed in Excel and ArcGIS 10.3 was worked for the cross sections, the image was exported to the HEC-RAS software to perform this simulation, the hydraulic profiles were calculated and generated the flood maps for each year 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years with flows of 445.07 m³/s, 722.00 m³/s, 889.71 m³/s, 1089.76 m³/s, 1231.50 m³/s y 1368.59 m³/s and it was possible to observe the affected areas before a flood in the years mentioned.

KEY WORDS:

Flood Areas, Weather Phenomenon, Hec-Ras Software.

INDICE

I.	INTRODUCCION.....	10
1.1	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	11
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	13
1.4.	HIPOTESIS.....	15
1.4.1.	HIPOTESIS GENERAL.....	15
1.4.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	15
1.5.	OBJETIVOS.....	16
1.5.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
1.5.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
II.	MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.	17
2.1.	ANTECEDENTES.....	17
2.2.	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	21
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27
III.	MATERIALES Y METODOS.....	29
3.1.	UBICACIÓN DEL SITIO EN ESTUDIO.....	29
3.1.1.	UBICACIÓN GEODESICA.....	29
3.1.2.	UBICACIÓN GEOPOLITICA.....	30
3.2.	TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....	31
3.2.1.	<i>TIPO DE INVESTIGACION.....</i>	<i>31</i>
3.2.2.	<i>VARIABLE DEPENDIENTE Y VARIABLE INDEPENDIENTE.....</i>	<i>32</i>
3.3.	POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO.....	33
3.3.1.	POBLACION.....	33
3.3.2.	MUESTRA.....	33
3.4.	METODOS, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	33
3.4.1.	METODO DE INVESTIGACION.....	33
3.4.2.	DE RECOLECCION DE DATOS.....	34
A.	INFORMACION.....	34
B.	SOFTWATRE.....	34
C.	MATERIALES.....	34
D.	EQUIPOS.....	34
3.5.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	35
3.5.1.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA.....	35
3.5.2.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA.....	35
3.5.2.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO.....	35

3.5.3.	ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS DEL RÍO ZARUMILLA	39
3.5.4.	DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	40
3.5.5.4.	EXPORTACIÓN DE ARCHIVO DE ZONAS DE INUNDACIÓN.....	43
IV.	RESULTADOS.....	44
V.	DISCUSION	60
VI.	CONCLUSIONES.....	61
VII.	RECOMENDACIONES.....	62
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	63
IX.	ANEXOS	64

I. INTRODUCCION

El estudio será ejecutado en el Río Zarumilla en un tramo de longitud de 6 km aproximadamente, la cual se encuentra por la margen izquierda, del Distrito Papayal, Provincia Zarumilla, Región Tumbes.

El **Río Zarumilla** es parte de la frontera entre Perú y Ecuador. Nace en las serranías de Ecuador, a 850 msnm y desemboca en el océano Pacífico, después de recorrer la frontera de los dos países en una longitud de 62,6 km. La superficie total de la cuenca abarca un área de 731,2 km². (GRT, 2009).

La cuenca del Rio Zarumilla se ha podido observar que su cauce ha estado seco como en el año 1968 y también otros años que han causado inundaciones como en los años 1983, 1997, 1998 y 2015.

En el Río Zarumilla se realizó un estudio en los meses primeros meses (enero y febrero) de 2018 la cual se reconoció su cauce, se pudo observar las áreas inundables que puede ocasionar durante un Fenómeno Meteorológico como es el sector el Huaco que tiene áreas planas inundables. También existen muro de rocas a una longitud de 160 metros de la Bocatoma la Palma aguas abajo y hay cultivos aledaños a su cauce del rio en sectores que pertenecen a Papayal correspondiente a una zona rural. La principal actividad económica de la población de Papayal es la Agricultura, se encuentran con una escases en servicio público como la educación, centro de salud, el agua potable es crítica, ya que no cuenta con el líquido vital que necesitan para satisfacer sus necesidades primordiales y la calidad del agua es deficiente ya que presenta alteraciones químicas con presencias de cloruros (salinidad), alcantarillado y energía.

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Expertos coinciden que desde julio del 2015 América Latina entró en evento del fenómeno de El Niño, esperando que se extienda hasta el primer trimestre de 2016. Varios países de la región han decretado estado de emergencia para hacer frente a sus efectos. El efecto más notorio que se produce sobre los sectores eléctricos de estos países es que la indisponibilidad de agua en los embalses afecta fuertemente su capacidad de generación hidroeléctrica, la principal fuente de generación en Colombia, Brasil y Venezuela. Además, se presentan altos niveles de erosión y por ende el desabastecimiento de agua facilita que la generación de incendios afecte grandes extensiones de vegetación, principalmente en lugares donde se localiza la infraestructura de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (CAF, 2015).

El fenómeno de El Niño, como tal, es conocido desde que civilizaciones pre-incas como los Moche, los Lima y los Nazca se asentaron en las costas del Perú antiguo. La geomorfología, los estudios de sedimentos y la paleontología señalan que este fenómeno ocurre por lo menos desde hace 40,000 años. Además, estas investigaciones arqueológicas demuestran que cambios drásticos del clima afectaron la costa central del Perú (Cultura Lima, aproximadamente 400 d.C.). La situación resultó ser especialmente dramática para la nación Moche en la costa norte del Perú (200 – 700 d.C.). Todo indica que durante las primeras décadas del siglo VII de nuestra era, esta próspera civilización sufrió los estragos de un prolongado e implacable episodio del fenómeno de El Niño ([ANA], 2013).

Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada, esta última de diciembre a marzo, sumado a los años de presencia del fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten varias veces su magnitud, desbordándose y ocasionando daños en ciudades de la costa específicamente en la región norte del país, como: Tumbes, Piura, y Lambayeque, sin embargo, debido al arrastre de suelos, la sedimentación, colmatación de los ríos y la falta de políticas de mantenimiento de los cauces, cada año los ríos

desbordan con menor caudal. Algunas veces estas inundaciones han llegado a la ciudad de Lima con los desbordes de los ríos Chillón y Rímac. Igualmente inundaciones de gran importancia se han dado en la costa sur del país, en ciudades como Ica, y Pisco las cuales han dejado cuantiosos daños materiales. En el caso de la Región Amazónica, por las características propias de su relieve, como una baja pendiente, la dinámica fluvial de los ríos tienen una tasa anual de migración mayores a 200 m ríos como el Ucayali y Marañón, estos suelen cambiar de cursos cada año recuperando llanuras de inundación anteriores, esto no es un problema cuando la presencia de población es nula, lo contrario ocurre cuando existen centros poblados ubicados cercanos al cauce, como es el caso de la ciudad de Pucallpa. Las inundaciones afectan igualmente en los meses de verano por las intensas lluvias, en departamento como Amazonas, Junín, Loreto y Ucayali ([ANA], 2013)

En Tumbes en el año 1982-83, cuando el fenómeno de El Niño arrasó cientos de kilómetros cuadrados, infraestructura urbana, infraestructura vial, infraestructura agrícola y contaminó a cientos de miles de personas con enfermedades. A no dudarlo este fenómeno natural que se da todos los años, uno más intenso que otro, el de 1982-83 fue el más devastador en cien años. Las precipitaciones pluviales tuvieron un incremento entre diciembre de 1982 y marzo de 1983, cambios que originaron los desbordes de los ríos y las inundaciones. (COEN-INDECI, 2015).

En esta zona se ve afectada cada año por las inundaciones producto de las lluvias que trasvasan nuestra cordillera y las que se producen en la parte alta de la cuenca del Río Puyango – Tumbes y la cuenca del Río Zarumilla, es por eso que se espera caudales mayores a 800 m³/s y 300 m³/s respectivamente, que debido a la insuficiente capacidad de la caja hidráulica de los ríos, se producen desbordes, situación que se ve agravada con la actividad agrícola desordenada, los cauces colmatados, y de las insuficientes o mal diseñadas obras de defensa ribereña. Lo que genera principalmente pérdidas de cultivos, pérdida de ganado, deterioro de infraestructura vial e hidráulica, entre otros daños ([GRT]., 2007).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para encontrar el área inundada del Rio Zarumilla por efecto de las crecidas de este, se plantea estimar un caudal máximo aproximado donde indicaría los sectores más vulnerables del Distrito de Papayal ante una inundación de gran magnitud como ocurrió en los años 1983, 1997, 1998 y 2015 y poder planificar soluciones de prevención a este problema y no salgan afectados por este fenómeno meteorológico que se origina cada cierto tiempo.

Por tanto, en esta investigación se dará respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuáles serán las áreas de inundación en el Distrito de Papayal, Región Tumbes, para los diferentes periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, de acuerdo con el criterio a evaluar en el Rio Zarumilla, utilizando el modelo HEC-RAS?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los efectos del cambio climático, cada vez son más impactantes en nuestro planeta y es la causa donde se origina el fenómeno Del Niño que se presenta con olas de calor (que generan sequías en algunas zonas) y también intensas lluvias (que ocasionan desbordes de ríos en otras) con el desarrollo del esta investigación se plantea dar soluciones de mitigación para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que se producen en la región de Tumbes.

1.3.1. SOCIAL

Las inundaciones por causa de las crecidas, las intensas lluvias, la tala de árboles que despojan el suelo de su cobertura vegetal ocasiona la erosión, la mala ubicación de las viviendas en zonas aledañas a los ríos ocasionados por la falta de información y estudios que permitan tomar las decisiones adecuadas, la cual causan daños y pérdidas en el aspecto social, básicamente en el sector vivienda, agrícola, ganadería, pérdidas humanas la cual debemos tomar conciencia , recapacitar ante un evento de gran magnitud que es un fenómeno meteorológico.

1.3.2. ECONÓMICO

Las inundaciones son desastres naturales que más ocurren en la Región de Tumbes ocasionando pérdidas económicas que se ven afectados en los comerciantes, actividades agrícolas (son los que más se dedican en los sectores rurales). Los agricultores aledaños al río sufren más por la pérdida de sus cultivos por eso esta investigación tiene por objetivo hacer conocer a los agricultores la problemática de la inundación y puedan estar más preparados o tomar medidas de prevención ante una tragedia similar.

1.3.3. AMBIENTAL

El cambio climático es la mayor amenaza que nos podemos enfrentar ya que trae como consecuencias las inundaciones son cada vez más frecuentes en nuestra región generando extinción de especies vegetales y animales, erosión, aparición de enfermedades (malaria, conjuntivitis, cólera, etc.) afectando las condiciones de vida de la población producido por la naturaleza. Por eso se tomaría las medidas adecuadas para eludir que el agua se estanque en un hoyo del terreno y así evitar la aparición de mosquitos y otras enfermedades que vayan afectar a los habitantes.

1.3.4. TÉCNICO

El fenómeno de El Niño es poco predecible y muy recurrente, cada cierto tiempo se presenta en nuestro país; es por eso que mediante esta investigación se tratará de estimar un caudal máximo para conocer el riesgo que puede ocasionar el Río Zarumilla en el Distrito de Papayal y así plantear una construcción de una obra hidráulica.

Por lo indicado anteriormente, resulta necesario el desarrollo de la investigación presente, luego de terminar la elaboración del estudio, se podrán tomar como ingenio planificar y adaptar medidas de corrección, prevención y capacitación, conducentes a la mitigación de daños por inundaciones, en los diversos sectores sociales.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. HIPOTESIS GENERAL

La determinación de las áreas de inundación del Distrito de Papayal, de la Región Tumbes, para los diferentes periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según parámetros del Rio Zarumilla durante una crecida, utilizando el modelo HEC-RAS y Software ArcGIS es importante para las poblaciones aledañas al rio.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

1. En el Rio Zarumilla existe información de caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
2. En periodos de inundación de la zona agrícola de Papayal es la más perjudicada.
3. Existe mapas de riesgos de inundación en el Distrito de Papayal.
4. El Rio Zarumilla tiene simulación hidráulica para la presencia de inundaciones.
5. El Rio Zarumilla tiene determinada la geometría hidráulica a fin de determinar caudales máximos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar áreas con riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno utilizando el modelo HEC-RAS y Software ArcGIS.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Estimar los caudales máximos del Río Zarumilla para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, mediante modelos HEC-RAS.
2. Identificar zonas que presentan riesgos de inundación en la cuenca del Río Zarumilla, Distrito Papayal.
3. Elaborar mapas de riesgos de inundación en el Distrito de Papayal, Región de Tumbes; mediante Software ArcGIS.
4. Realizar un estudio hidráulico en el tramo del Río Zarumilla, utilizando el modelo HEC-RAS.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.

2.1. ANTECEDENTES

✓ (PEBPT, 2015, pág. 9). Realizo un expediente técnico: **DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO ZARUMILLA**. Concluye:

“Los caudales máximos instantáneos para diferentes períodos de retorno calculados por los diferentes métodos expuestos son los siguientes:

TR (años)	Q _{MAX} (m ³ /s) por diferentes métodos			
	Método Frecuencias	Método Prec-esc	Método Creager	Método Gradex
02	290	150	316	-
05	522	461	733	-
10	676	767	1049	-
20	824	1133	1365	-
50	1029	1726	1782	-
100	1158	2270	2098	1417
200	1301	2901	2414	-

CUADRO N° 01 : CAUDALES MAXIMOS CAUDALES

FUENTE : PEBPT 2015

Las descargas máximas instantáneas obtenidas por la aplicación del método del SCS que relaciona la precipitación con la escorrentía y con el método regional de Creager, tienen valores cerca del doble de los que se obtienen mediante el análisis estadístico de la información de caudales en el río Zarumilla; sin embargo, se debe indicar que el resultado del análisis regional obtenido de la aplicación del método de Gradex, desarrollado especialmente para la costa peruana por la empresa BCEOM, después del fenómeno El Niño del año 1998, arroja un valor para 100 años, bastante cercano al obtenido del análisis de frecuencias de la información de caudales existentes.

Las mediciones y estimación de caudales mediante trabajos de campo realizadas durante el estudio, arrojan valores del orden de los 1,000 m³/s, con marcas registradas en la zona de Palmares que, de acuerdo a las versiones de los agricultores más antiguos de la zona, nunca han sido superadas.

Del contexto anterior y teniendo en cuenta que los resultados de la aplicación de los métodos del SCS y Creager deben ser considerados como referenciales, ya que son plausibles de considerables márgenes de error como consecuencia de la gran variabilidad de los resultados en función a la selección de los parámetros que intervienen en las fórmulas correspondientes, se recomienda emplear los valores obtenidos del análisis de frecuencias ajustado a la distribución Gumbel indicados en la tabla anteriormente mostrada, para el dimensionamiento de las diferentes obras emplazadas en el río Zarumilla”.

- ✓ (Hoyos Bustamante & Benavides Honores , 2018, pág. 162). Ejecuto una Tesis cuyo título es: **“HIDROLOGÍA RÍO ZARUMILLA TRAMO PUENTE BOLSICO Y BOCATOMA LA PALMA, PROVINCIA DE ZARUMILLA –REGIÓN TUMBES”**. Concluye:

Se determinó los caudales máximos del Río Zarumilla con software HYFRAN para periodos de retorno de 200, 100, 50, 25 años.

Descargas máximas en m ³ /s con Software HYFRAN distribución Gamma de las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, Cia Tumpis y Palmales	
25	892.781
50	1055.532
100	1184.773
200	3133.086

CUADRO N° 02 : DESCARGAS MAXIMAS CON SOFTWARE HYFRAN

FUENTE : HOYOSBUSTAMANTE Y BENAVIDS HONORES 2018

Como resultado de la simulación hidrológica con el programa HEC - HMS de la Cuenca Zarumilla, tenemos que el caudal máximo del Río Zarumilla para periodos de retorno de 200, 100, 50 y 25 años, son los siguientes:

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS	CAUDAL MAXIMO EN m ³ /s
25	1995.60
50	2494.60
100	2706.30
200	3562.69

CUADRO N° 03 : DESCARGAS MAXIMAS CON SOFTWARE HEC-HMS

FUENTE : HOYOSBUSTAMANTE Y BENAVIDS HONORES 2018

- ✓ (Indeci, 2015, pag. 3-4). **Realizo un INFORME DE EMERGENCIA N° 662 - 25/05/2015 / COEN – INDECI / 16:00 HORAS (Informe N° 10).** Concluye:

Esta inundación afecto a los Distritos de la Provincia de Zarumilla – Tumbes. El 29 de marzo del 2015 a las 03:45 horas aproximadamente, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, se registró el incremento y posterior desborde del caudal del Río Zarumilla, ocasionando inundación y afectando viviendas, vías de comunicación y áreas de cultivo en el Distrito de Aguas Verdes, Matapalo y Papayal de la Provincia de Zarumilla. **CODIGO SINPAD N° 00069541.**

PROVINCIA DE ZARUMILLA:

VARIABLE/INDICADOR	CIFRAS ABSOLUTAS	%
POBLACION		
POBLACION CENSADA	41054	
POBLACION EN VIVIENDAS PARTICULARMENTE OCUPANTES PRESENTES	39616	
SALUD		
POBLACION QUE NO TIENE NINGUN SEGURO DE SALUD	24213	59
POBLACION CON SEGURO INTEGRAL DE SALUD (SIS)	10482	25.5

CUADRO N° 04 : INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y DENSIDAD POBLACIONAL
FUENTE : INDECI 2015

UBICACION	VIVIENDAS Y LOCALES PUBLICOS				
	VIVIENDAS COLAPSADAS	VIVIENDAS INHABITABLES	VIVIENDAS AFECTADAS	INSTITUCIONES EDUCATIVAS AFECTADAS	CENTROS DE SALUD AFECTADOS
PRO. ZARUMILLA	3	5	457	9	2
DIS. AGUAS VERDES	-	-	117	-	-
DIS. PAPAYAL	3	3	240	9	2
DIS. MATAPALO	-	2	100	-	-

CUADRO N° 05 : EVALUACIÓN PRELIMINAR DE DAÑOS
FUENTE : INDECI 10 ABRIL 2015 A LAS 15:00 HORAS

(Reporte de Situación N° 10; Perú: Temporada de lluvias de la red Humanitaria Nacional, al 10 de mayo 2017). Informe:

En la Región Tumbes, el Distrito de Tumbes reporto la mayor cantidad de personas damnificadas por las precipitaciones intensas, un total de 664 personas, seguido por la Cruz con 147 y **Zarumilla con 85**. En relación a afectados reporto 6,636 personas, la mayoría de viviendas e instituciones educativas afectadas de la Región están en el Distrito de Pampas de Hospital con 3,303y36, respectivamente.

- ✓ (CENEPRED, 2017.pag.74). En su estudio definitivo **“INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN FLUVIAL ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS DE LAS ZONAS AFECTADAS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ZARUMILLA, PROVINCIA ZARUMILLA, EN EL MARCO DEL D.U. N° 004-2017”**. Informa:

Las Zonas urbana afectadas del Distrito de Zarumilla; se encuentra en Zona de muy alto riesgo ante inundaciones por lluvias intensas.

Los efectos probables del impacto en las zonas urbanas del Distrito de Zarumilla afectadas por inundaciones debido a lluvias intensas ascienden a S/ 197358000.00 de pérdidas probables.

2.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

INGENIERÍA FLUVIAL

El Ingeniero hidráulico con especialización en hidráulica fluvial estudia las intervenciones del hombre sobre los ríos, ya sea para la adecuación al sistema de aprovechamientos del recurso hídrico, la disminución de riesgos de daños por inundación, o bien por la intersección del río con una obra de infraestructura (J.P M. , 2003).

HEC-RAS

En especial, se puede destacar la precisión, fácil manejo y la capacidad para modelar distintos elementos en cauces naturales y artificiales. Se destaca la buena calidad gráfica para visualizar resultados.

El programa está diseñado para el cálculo de perfiles hidráulicos para flujo de variación gradual fija, para canales naturales o artificiales. HEC-RAS puede calcular perfiles bajo condiciones de flujo permanente y no permanente, y regímenes de flujo subcrítico, crítico, supercrítico y mixto. Claramente en el análisis de inundaciones las simulaciones para flujo permanente no tienen en cuenta todos los efectos hidrodinámicos de una onda de creciente, que representa un proceso físico en dos dimensiones. (Blade *et al.*, 2009).

El método de cálculo generalmente se le conoce como el método convencional por pasos. El programa está diseñado para aplicación en estudios de manejo de lechos de crecientes y de seguridad de inundaciones. El ingreso de datos y los resultados pueden estar en unidades inglesas o métricas.

FLUJO DE CANAL Y PARAMETRO HIDRAULICO

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujos son similares en diferentes en muchos aspectos, pero estos se diferencian en un aspecto importante (CHANSON, 2002).

El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican por el hecho de que la composición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el hecho de que la profundidad de flujo el caudal y las pendientes del fondo del canal y la superficie libre son interdependientes. En estas la sección transversal del flujo, es fija debida a que está completamente definida por la geometría del conducto. La sección transversal de una tubería por lo general es circular, en tanto que la de un canal abierto puede ser de cualquier forma desde circular hasta las formas irregulares en ríos. Además, la rugosidad en un canal abierto varía con la posición de una superficie libre. Por consiguiente la selección de los coeficientes de fricción implica una mayor incertidumbre para el caso de canales abiertos que para el de tuberías, en general, el tratamiento del flujo en canales abiertos es más que el correspondiente a flujo en tuberías. El flujo en un conducto cerrado no es necesariamente flujo en tuberías si tiene una superficie libre, puede clasificarse como flujo en canal abierto. (CHANSON, 2002).

CLASIFICACIÓN DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS AL TIEMPO Y ESPACIO

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio de los parámetros profundidad, velocidad, área etc. del flujo con respecto al tiempo y al espacio. (GUEVARA ALVAREZ, 1986)

- ✓ Flujo permanente: El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes.
- ✓ Flujo uniforme no permanente: El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal, como esta es una condición prácticamente imposible, por lo tanto el flujo uniforme no permanente es poco frecuente. (GUEVARA ALVAREZ, 1986).

CLASIFICACIÓN DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS RESPECTO A LA FUERZA DE GRAVEDAD

El flujo de canales abiertos tiene lugar cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente envueltos por un contorno sólido. En el flujo de canales abiertos, el líquido que fluye tiene superficie libre y sobre él no actúa otra presión que la debida a su propio peso y a la presión atmosférica. También tiene lugar en la naturaleza, como en ríos, arroyos, etc., si bien en general, con secciones rectas del cauce irregulares. De forma artificial, creadas por el hombre, tiene lugar en los canales, acequias, y canales de desagüe. (GILES & LIU, 2015).

NOCIONES DE MORFOLOGÍA FLUVIAL

La Morfología Fluvial o Fluviomorfología estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual el río ha llegado a ellas. De acá se puede inferir el comportamiento futuro del río. (J.P M. , 2002).

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE

Es la representación gráfica del corte que produce en el terreno el plano vertical que contiene el eje de una obra lineal. En este perfil se relaciona altimétricamente la rasante o línea teórica que se quiere conseguir con la traza o línea real del terreno. (J.P M. , 2002).

GEOMETRÍA HIDRÁULICA

La geometría hidráulica se ocupa de la variación en las características del canal en relación con las variaciones en la descarga. Se producen dos conjuntos de variaciones: variaciones en una sección transversal particular (en una estación) y variaciones a lo largo de la secuencia (variaciones aguas abajo). Las características que responden al análisis por geometría hidráulica incluyen ancho (ancho de la superficie del agua), profundidad (profundidad media del agua), velocidad (velocidad media a través de la sección transversal), sedimento (generalmente concentración o transporte, o ambos, del sedimento suspendido), pendiente aguas abajo y canal de fricción. (GILES & LIU, 2015).

RIO EN EQUILIBRIO

Se refiere a su capacidad para autorregularse, adaptándose a factores externos de forma que mantengan cierta estabilidad. Se dice que un río está en equilibrio cuando las pendientes que ha adquirido y en consecuencia su potencial energético, es exactamente suficiente para transportar el material que le es suministrado a través del sistema fluvial. (GUEVARA ALVAREZ, 1986).

CAUDAL DOMINANTE

Se considera que el concepto de caudal dominante fue inicialmente introducido en el campo de la Hidráulica Fluvial con la finalidad de extender al caso de ríos naturales algunos aspectos desarrollados inicialmente para canales artificiales (F.A, 1947).

INUNDACION

Es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis. (COEN-INDECI, 2015).

Causas de las inundaciones en el valle del Río Zarumilla

- Colmatación de la caja hidráulica del río
- Cambios en el curso de las aguas
- Modificación de cauces
- Escases o mal emplazamiento de obras de drenaje y defensas ribereñas
- Deficiente gestión de riesgos

MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACIONES

(MAZA & V, 2002, pág. 15) Mencionan que para evitar o reducir las inundaciones y/o sus efectos perjudiciales, se pueden tomar estas acciones:

✓ **Estructurales**; obras hidráulicas y fluviales para el manejo y control de las avenidas. Dentro de las medidas estructurales, Cayuela y Martínez (2009) indican las siguientes a continuación:

- Embalses de laminación, encauzamientos, excavación o dragado del cauce, obras de drenaje, protección de márgenes, desvíos y cauces de alivio, zanjas de infiltración, terrazas de infiltración, etc.

- (MAZA & V, 2002) Refieren que, los bordos perimetrales, longitudinales, muros, desvíos permanentes y presas de almacenamiento son las acciones más utilizadas, y de éstas, las dos últimas las más efectivas, ya que disminuyen el gasto máximo de la avenida en todo el tramo del río aguas abajo.

✓ **No estructurales** o predictivas; avisos y alerta a la población que puede ser afectada.

✓ **Agronómicas**; forestales.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos. Por tanto cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con SIG y las aplicaciones más usuales destacan (BOSQUE SENDRA, 2000).

Científicas:

✓ Especialmente en ciencias medio ambientales (en sentido amplio) y relacionadas con el espacio.

✓ Desarrollo de modelos empíricos, por ejemplo los que relacionan temperatura con altitud, orientación, etc. a partir de medidas tomadas en el lugar.

✓ Modelización cartográfica (aplicación de modelos empíricos para hacer mapas de temperatura a partir de mapas de altitud, orientación, etc.). (BOSQUE SENDRA, 2000)

APLICACIÓN DE LOS SIG PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden definir como la integración organizada de equipo de cómputo, programas, datos geográficos y personal diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación y análisis de información geográficamente referenciada, que en la actualidad se utiliza para desarrollar propuestas en planificación y gestión de recursos naturales. Son un conjunto de procedimientos que se ejecutan sobre un conjunto de atributos que pertenecen a objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y son susceptibles a medición en forma y dimensión relativa a la superficie de la tierra. Además de los atributos, los SIG cuentan con una base de datos gráfica que incluye información georeferenciada y que tiene una estrecha relación con la base de datos descriptiva. Para desarrollar un SIG se utilizan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información (BOSQUE SENDRA, 2000, pág. 451).

ARCGIS COMO UNA HERRAMIENTA EN EL DESARROLLO DE MAPAS DE INUNDACIÓN

ArcGIS Web Maps recopila servicios de mapas y otros servicios GIS relacionados para que sus datos cobren vida en la web.

En general, cada mapa web contiene un mapa base que se combina con superposiciones operativas en un panel de control del mapa. Estos mapas en línea también contienen tareas específicas que se pueden realizar en las capas operativas. (CARDENAS, 2012).

De manera similar, con la introducción del modelo hidráulico HEC-RAS con ArcGIS, representará los mapas de inundación donde se derivarán las áreas afectadas generadas por un fenómeno meteorológico.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

▪ **INUNDACIÓN:** Aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. Una inundación es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunami (COEN-INDECI, 2015).

▪ **CAUDAL:** El caudal, flujo o descarga es la cantidad de agua que pasa a través de una sección del canal por unidad de tiempo. Se calcula multiplicando la velocidad del agua (m/s) por el área de la sección (m²), lo que produce un volumen (m³ /s). Por lo tanto, este aspecto solamente será aplicable a sistemas de aguas corrientes como ríos, arroyos, cañadas. (CHOW, 2000).

▪ **EROSIÓN:** Es el proceso de disgregación y transporte de partículas de suelo por agente erosivo (GILES & LIU, 2015).

▪ **ENCAUZAMIENTO:** Es el conjunto de obras que se precisan para fijar, en límites predeterminados, el cauce de un río con objeto de que la sección transversal y la pendiente longitudinal resultantes permitan el paso de un caudal máximo que se denomina caudal de proyecto. (COEN-INDECI, 2015).

▪ **Clasificación del transporte de sedimentos:** Transporte de sedimentos por un río puede ser clasificado de acuerdo con dos criterios:

- De acuerdo con el origen del material.
- Dependiendo del modo de transporte.

Dependiendo del modo, el sedimento puede ser transportado en suspensión, sostenido por la turbulencia del flujo, o por el fondo, rodando, deslizándose o saltando. Una partícula inicialmente en reposo puede ser transportada en saltos por la parte inferior cuando se excede el umbral de movimiento, pero si el río continúa creciendo, puede entonces ser transportado en suspensión. Cuanto más intensa la acción de la corriente, mayor el material de fondo colocado en suspensión y transportado de esa manera. (MARTIN VIDE, 1997).

▪ **CUENCA HIDROGRÁFICA:** Es un área de captación natural del agua de lluvia que hace que el flujo se convierta a un único punto de salida. Este punto de salida se llama exutorio. (SPERLING, 2007).

▪ **LARGO DEL RÍO PRINCIPAL (L):** Se determina a partir del perfil longitudinal del curso de agua midiendo la longitud del tramo entre la fuente más lejana y el punto de interés o exutorio. (TUCCI, 2004, pág. 48).

▪ **BALANCE HÍDRICO:** El balance hídrico de la cuenca hidrográfica implica la cuantificación de los componentes de entrada y salida del sistema (también llamado "volumen de control"). Entre los modelos más simples en hidrología, se destaca la ecuación del balance hídrico. (BARTH, 1987)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN DEL SITIO EN ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN GEODESICA

Según el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS(\$), proyección Universal Trasversal del Mercator (UTM), Zona 17 sur, el tramo de estudio donde se realizaron la toma de puntos con el navegador GPS se encuentra ubicado en el área dentro de las siguientes coordenadas:

- Norte : 9606637 N y 587650 E
- Sur : 9602726 N y 588153 E
- Este : 9604782 N y 586787 E
- Oeste : 9602720 N y 587787 E

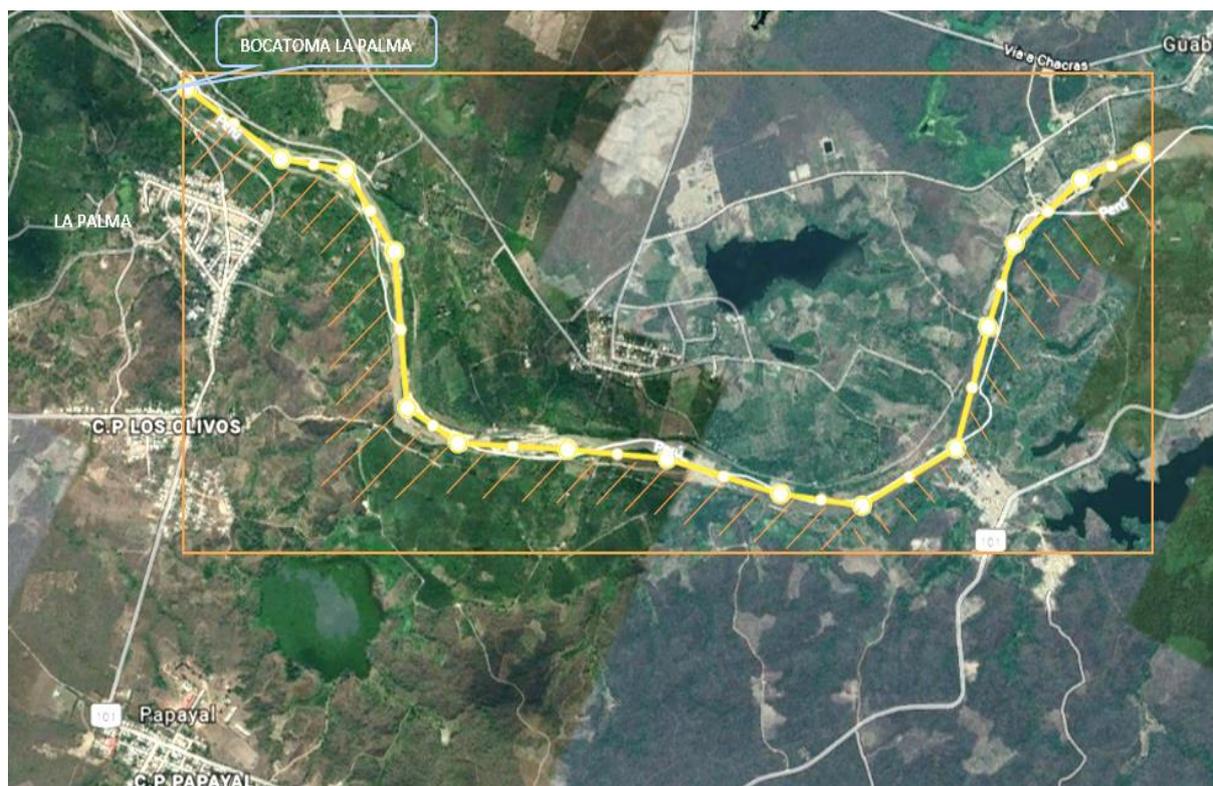


FIGURA N° 01 : UBICACIÓN GEODÉSICA DE LA ZONA EN ESTUDIO

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA

3.1.2. UBICACIÓN GEOPOLITICA

El área de Estudio se ubica en:

Departamento	:	Tumbes
Provincia	:	Zarumilla
Distrito	:	Papayal
Sectores	:	La Palma Los Olivos Papayal La coja

El ámbito del trabajo, se ubica en la margen izquierda del Río Zarumilla, tramo comprendido aguas abajo del Distrito de Papayal.

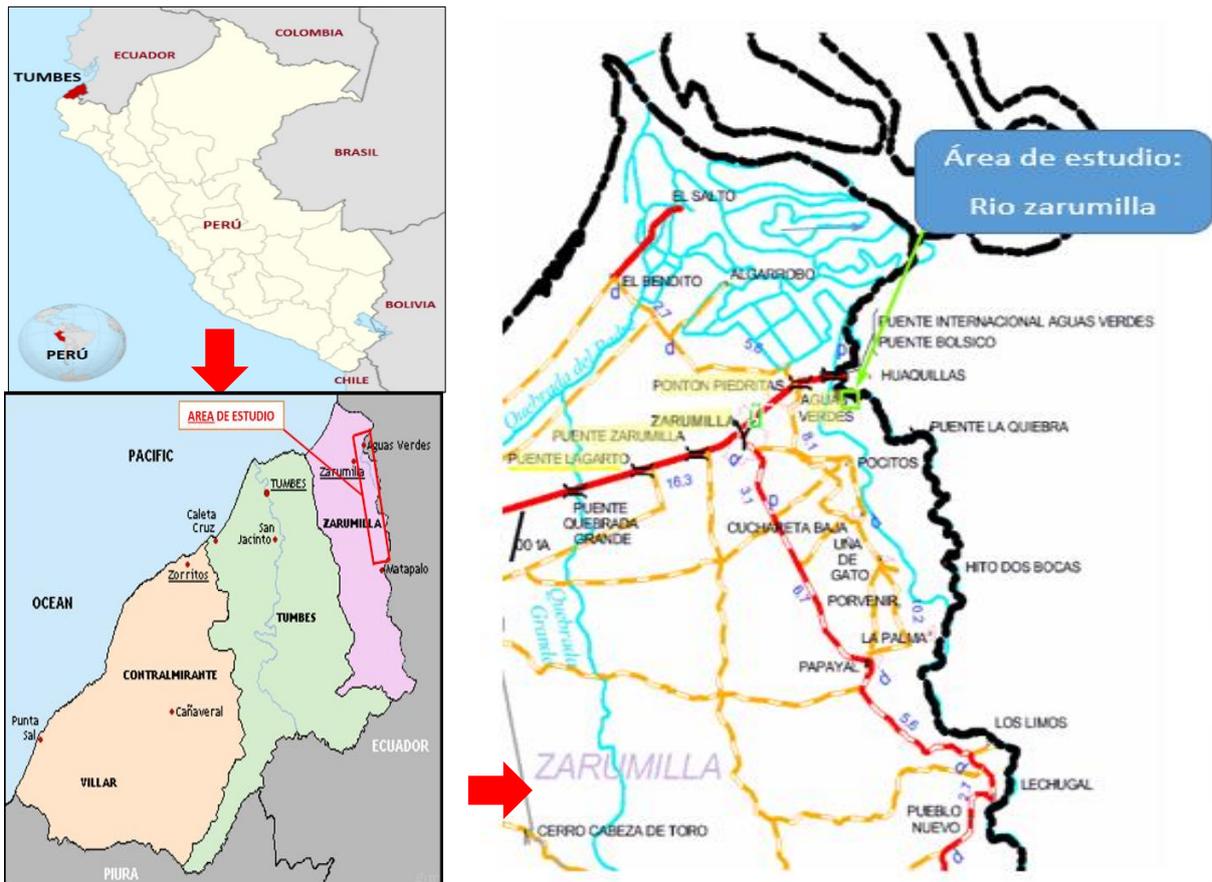


FIGURA 2 : UBICACIÓN GEOPOLITICA DE LA ZONA EN ESTUDIO

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA

3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO CONTRASTACION DE HIPOTESIS

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACION

La investigación que se ha realizado es Aplicada, ya que está orientada a obtener un resultado que soluciones problemas prácticos.

De acuerdo al planteamiento del estudio realizado, se trata de una investigación Cuantitativa Descriptiva pues se manipulará las variables independientes para establecer la relación con la variable dependiente.

Además, es una investigación experimental indirecta basada en modelos. En esta investigación, se hace un modelo matemático para analizar, observar el cambio del régimen hidráulico del río durante diferentes períodos de años.

En resumen, el experimento basado en modelos se caracteriza por las siguientes etapas fundamentales:

- Paso del objeto al modelo (construcción del modelo), es decir, la modelización en el sentido propio de la palabra.
- Investigación experimental del modelo construido.
- Paso del modelo al objeto, consistente en la transferencia al original de los datos obtenidos en el modelo.

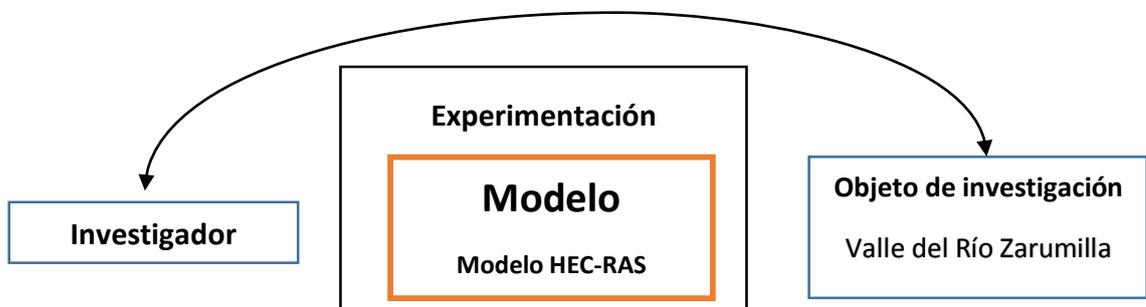


FIGURA 3 : ETAPAS DEL EXPERIMENTO EN BASE A MODELOS.
FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE Y VARIABLE INDEPENDIENTE

3.2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

INUNDACION

“El proceso como la sumersión bajo el agua de una zona terrestre que normalmente no está cubierta por la misma, debido a un cambio relativamente rápido del nivel de la masa de agua en cuestión”. (Whittow, 1988).

3.2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE	INDICADOR	UNIDADES
INUNDACIÓN	Área de inundación	Hectárea (ha)
	Altura de agua	Metros (m)
	Profundidad de agua	Metros (m)

CUADRO Nº 06 : VARIABLE DEPENDIENTE

FUENTE : ELABORAION PROPIA

3.2.2.3. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Crecida del río

“Una avenida o crecida de un río, también llamada popularmente riada constituido por un incremento importante y repentino de caudal en un sistema fluvial que puede provocar un desbordamiento”. (Ollero, 1997).

3.2.2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE	INDICADOR	UNIDADES
CRECIDA DEL RÍO	Hidrograma (Caudal vs tiempo)	Metros cúbicos por segundo por hora (m ³ /s-hora)

CUADRO Nº 07 : VARIABLE INDEPENDIENTE

FUENTE : ELABORAION PROPIA

3.3. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. POBLACION

En el presente Proyecto se tomó como estudio al **Rio Zarumilla**, el cual tiene una longitud de aproximadamente 62,6 km y una superficie de cuenca que posee aproximadamente un área de 731,2 km². El cual su trayectoria pasa cerca de los siguientes pueblos y Distritos los cuales son: Distrito de Matapalo, Quebrada Seca, Quiñonez, Lechugal, La Coja, Papayal, Los Olivos, La Palma, El Porvenir, Uña de Gato, Cuchareta Alta y Baja, Pocitos, Lomas Saavedra, Aguas Verdes.

Existen 2 estaciones: Palmales y Puente Bolsico; en las cuales se toman registros de caudales de las máximas avenidas.

3.3.2. MUESTRA

Se ha tomado una longitud de estudio de aproximadamente 3 km, pasando por los siguientes pueblos de La Coja, Los Olivos, La Palma y el Distrito de Papayal

El análisis de los registros de caudales de las máximas avenidas se tomó de la estación Palmales, desde el año 2011 hasta el 2019 tomando solo los meses en que había corriente de agua.

3.4. METODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.4.1. METODO DE INVESTIGACION

Según su naturaleza, la presente investigación será de tipo Descriptiva, en un método útil porque se va a estudiar problemas las cuales no se pueden tener un control absoluto de las situaciones que se pueden generar pero si se pretende tener un mayor control posible para probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables mediante un modelo matemático.

3.4.2. RECOLECCION DE DATOS

a. INFORMACION

- ✓ Caudales de máximas avenidas medidos en la estación Hidrométrica Palmales
- ✓ Antecedentes memorias de trabajos anteriores.

b. SOFTWARE

- ✓ **ArcSIG 10.3:** Para la adecuación de la información topográfica, como los modelos digitales de elevaciones (DEM), entre otros.
El software ArcGIS es de uso comercial, y para la realización del presente trabajo de investigación se usará licencia del tipo: ArcGIS for Personal Use.
- ✓ **HEC-RAS 5.0.3:** Se utilizara para estudiar un tramo de un determinado río para conocer hasta donde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor.
- ✓ **Microsoft Excel 2016:** Aplicación distribuida por la suite de oficina, y creada por Microsoft Office, que se caracteriza por ser un software de hojas de cálculo.
Se empleará para el tratamiento de datos en tablas, para la información hidrológica, o para el procesamiento de información topográfica.
- ✓ **AutoCAD Civil 3D 2016:** Para el trazo de la canalización, planos, etc.

c. MATERIALES

- ✓ Hojas A4 75g
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Estacas, entre otros.

d. EQUIPOS

- ✓ Navegador GPS garmin Etrex 10
- ✓ Workstation HP, procesador Intel Xenon de cuatro nucleos 3.5 Ghz, 8 Gb de RAM, tarjeta grafica GPU, Gnvidia cuadro 2 gb de RAM
- ✓ Computadora de escritorio. Procesador Intel i7, cu cuatro núcleos 4.5 GHz, 16 Gb de RAM, Tarjeta Gráfica GPU, Gnvidia GFX 980 Ti 6Gb de RAM.
- ✓ Laptop Lenovo G450. Procesador Intel Dual Core 2.20 GHz, 4Gb de RAM.
- ✓ Laptop Compaq Presario. Procesador AMD Single Core 2.2 GHz, 4gb RAM

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

3.5.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA

Recolección de Información en entidades estatales, como la Administración Local de Agua – Tumbes (ALA); Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT), Gobierno Regional de Tumbes (GRT), Dirección Regional de Agricultura Tumbes (DRAT), y otros. Además de estudios por investigadores locales.

Principalmente, estudios hidráulicos, memorias descriptivas, fichas técnicas. Estudios realizados dentro del valle del Río Zarumilla, y afines.

3.5.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA

3.5.2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO

Se comenzó a explorar la zona donde se realizó el estudio de investigación para descubrir una metodología topográfica adecuada a desarrollar. De acuerdo a lo analizado se decidió tomar puntos de coordenadas de la margen izquierda (58 puntos) y en la margen derecha (7 puntos) en el tramo Bocatoma La Palma - Sector La Coja. Se realizó el trabajo con navegador GPS para el levantamiento topográfico, wincha métrica para determinar distancias y cuaderno de apuntes. Las coordenadas obtenidas se procesaron en Excel.

PUNTO	DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTURA	PUNTO	DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTURA
1	BORDE	587655	9606608	34	2	BORDE	587513	9606557	33
	CAUCE	587648	9606617	28		CAUCE	587526	9606552	26
3	BORDE	587498	9606489	32	4	BORDE	587495	9606438	32
	CAUCE	587511	9606487	26		CAUCE	587507	9606442	25
5	BORDE	587484	9606340	30	6	BORDE	587473	9606247	30
	CAUCE	587497	9606337	26		CAUCE	587481	9606245	26
7	BORDE	587463	9606146	31	8	BORDE	587399	9606042	30
	CAUCE	587469	9606145	27		CAUCE	587405	9606034	27
9	BORDE	587534	9606052	27	10	BORDE	587538	9605957	27
	CAUCE	587539	9606054	26		CAUCE	587542	9605958	25
11	BORDE	587550	9605861	30	12	BORDE	587551	9605768	27
	CAUCE	587564	9605864	26		CAUCE	587554	9605766	25
13	BORDE	587519	9605678	29	14	BORDE	587493	9605590	42
	CAUCE	587525	9605675	27		CAUCE	587494	9605589	41
15	BORDE	587427	9605507	45	16	BORDE	587438	9605560	49
	CAUCE	587442	9605515	43		CAUCE	587445	9605556	46

17	BORDE	587363	9605493	46	18	BORDE	587295	9605419	43
	CAUCE	587368	9605487	41		CAUCE	587301	9605413	40
19	BORDE	587212	9605363	40	20	BORDE	587133	9605302	35
	CAUCE	587215	9605361	37		CAUCE	587134	9605298	34
21	BORDE	587053	9605237	34	22	BORDE	586965	9605186	28
	CAUCE	587055	9605231	30		CAUCE	586967	9605179	26
23	BORDE	586870	9605139	40	24	BORDE	586788	9605077	26
	CAUCE	586875	9605133	25		CAUCE	586792	9605073	23
25	BORDE	586744	9604970	24	26	BORDE	586744	9604879	23
	CAUCE	586750	9604973	23		CAUCE	586750	9604874	22
27	BORDE	586782	9604788	22	28	BORDE	586808	9604676	22
	CAUCE	586787	9604782	21		CAUCE	586813	9604681	21
29	BORDE	586840	9604579	23	30	BORDE	586889	9604484	22
	CAUCE	586843	9604582	21		CAUCE	586894	9604486	21
31	BORDE	586918	9604395	23	32	BORDE	586973	9604295	23
	CAUCE	586924	9604394	22		CAUCE	586975	9604297	22
33	BORDE	586988	9604243	24	34	BORDE	587055	9604107	23
	CAUCE	586999	9604218	22		CAUCE	587065	9604117	22
35	BORDE	587085	9604020	28	36	BORDE	587261	9603912	28
	CAUCE	587093	9604020	27		CAUCE	587170	9603913	24
37	BORDE	587164	9603751	29	38	BORDE	587198	9603651	28
	CAUCE	587170	9603753	27		CAUCE	587204	9603651	26
39	BORDE	587235	9603512	26	40	BORDE	587252	9603409	28
	CAUCE	587241	9603515	24		CAUCE	587261	9603410	25
41	BORDE	587265	9603301	36	42	BORDE	587303	9603196	35
	CAUCE	587269	9603302	22		CAUCE	587311	9603200	22
43	BORDE	587331	9603094	25	44	BORDE	587402	9603001	30
	CAUCE	587338	9603097	21		CAUCE	587405	9603005	22
45	BORDE	587487	9602926	30	46	BORDE	587595	9602847	31
	CAUCE	587489	9602928	22		CAUCE	587597	9602849	23
47	BORDE	587690	9602789	26	48	BORDE	587788	9602707	27
	CAUCE	587690	9602793	24		CAUCE	587787	9602720	25
49	BORDE	587891	9602685	28	50	BORDE	588038	9602696	29
	CAUCE	587892	9602694	25		CAUCE	588018	9602799	27
51	BORDE	588153	9602726	29	52	BORDE	588212	9602811	28
	CAUCE	588154	9602753	26		CAUCE	588243	9602784	27
53	BORDE	588396	9602798	30	54	BORDE	588555	9602837	27
	CAUCE	588394	9602804	28		CAUCE	588554	9602844	26
55	BORDE	588655	9602855	32	56	BORDE	588759	9602874	32
	CAUCE	588656	9602859	29		CAUCE	588758	9602884	30
57	BORDE	588657	9602879	31	58	BORDE	588964	9602896	34
	CAUCE	588824	9602876	32		CAUCE	588967	9602859	32

CUADRO N° 08 : COORDENADAS DE LA MARGEN IZQUIERA
FUENTE : ELABORACION PROPIA

PUNTOS	DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTURA
1	borde	597647	9606617	36
	cauce	587650	9606637	34
2	borde	587627	9606180	34
	cauce	587619	9606180	30
3	borde	587696	9605789	35
	cauce	587685	9605788	31
4	borde	586882	9604983	33
	cauce	586877	9604985	25
5	borde	586896	9604641	24
	cauce	586883	9604038	22
6	borde	587127	9604250	26
	cauce	587124	9604246	24
7	borde	587927	9602853	32
	cauce	587922	9602846	26

CUADRO N° 09 : COORDENADAS DE LA MARGEN DERECHA
FUENTE : ELABORACION PROPIA

3.5.2.2. Elaboración del modelo digital correspondiente al tramo en estudio.

Cuando la información de los datos obtenidos en Excel ha sido ordenada, tanto al este como al norte y cota; Esto se importó al software Autocad Civil 3D, para generar curvas de nivel creadas con una ganancia de 1 m de altura y almacenadas en formato DXF y luego trabajando con el Software ArcGIS.

En el programa ArcMap, las curvas de ArcGIS se importaron a nivel de genio y, a partir de ellas, las proyecciones WGS 1984 UTM zone 17 South divididas por "paquetes de proyección" que definen "transformación y proyecciones" que están en ArcToolbox. Después de la referencia geográfica, se creó un TIN (Network Irregular Triangulado), con la opción "Crear TIN desde Futuros" en el paquete "3D Analyst" disponible en ArcToolbox. Posteriormente, se cortaron algunas áreas de TIN que no representaban las propiedades del área y se incluyeron en el estudio.

De esta manera, el modelo digital está listo para obtener la geometría transversal de la sección que se está estudiando.

3.5.2.3. Utilizando el HEC-geoRAS con la finalidad de obtener la geometría transversal del tramo del río Zarumilla.

HEC-geoRAS es una herramienta del ArcGis diseñada para modelar el análisis inundable, la cual se realizó de la siguiente manera:

- ✓ Se traza el eje central del cauce del río con la opción “Stream Centerline” del comando “Create RAS layers” de “RAS geometry” y asignamos el nombre del Río y del tramo.
- ✓ Trazamos las líneas límite de inundación con la opción “Flow Path Centerlines” y las líneas de banco con la opción “Bans lines”
- ✓ Trazamos las líneas para determinar secciones transversales con la opción “XS Cut Lines”, que están separadas cada 200 m y con un ancho de 200 m en promedio debido a la sinuosidad del río que causan variaciones; estos trazos se deben hacer perpendicularmente al eje del río, deben alcanzar las líneas de inundación sin exceder el espacio del TIN y sin cortarse entre sí.
- ✓ Atribuimos las características de longitud, elevación y ubicación al: eje central trazado, las líneas de banco y las líneas de inundación; con la opción “Stream Centerlines Atributtes” y la opción “All”.
- ✓ De igual manera asignamos los atributos correspondientes a las secciones transversales generadas, que es lo que interesa conocer en el HEC-RAS.

Finalmente, realizamos la exportación con la opción “Export RAS Data” para su posterior simulación en el software HEC-RAS

3.5.3. Estimación de caudales máximos del río Zarumilla

Mediante modelos de inconsistencia y/o tendencia así como localización de datos dudosos se determinó los caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	Qmax
2011	37.9	369.0	3.1	393.7	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	806.8	67.2	393.7
2012	486.5	795.9	508.9	528.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2320.2	54.0	795.9
2013	60.6	117.9	459.3	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	647.9	54.0	459.3
2014	10.1	50.0	17.4	5.8	53.6	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	165.0	13.8	53.6
2015	14.5	104.8	920.8	960.0	453.5	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	2475.2	206.3	960.0
2016	89.6	332.2	408.8	171.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1023.0	85.3	408.8
2017	40.6	364.8	829.0	199.0	108.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1541.5	128.5	829.0
2018	18.1	138.9	12.6	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	172.7	14.4	138.9
2019	43.2	251.3	150.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	445.0	37.1	251.3

CUADRO N°10 : CAUDALES MÁXIMOS (2011 A 2019)
 FUENTE : DESCARGAS DE ESTACIÓN PALMALES (PEBPT)

➤ Cálculo de máximas avenidas

Con el software Hidroesta 2, los flujos históricos (2011-2019) se evaluaron con 3 modelos probabilísticos: Distribución Normal, LogNormal 3 parámetros y Gumbel; considerando un nivel de significación del 5%, un método para estimar parámetros comunes.

Hidroesta 2, nos permite cargar datos para ser procesados desde un archivo Excel 93-2010. Cuando ingresa al programa, la opción selecciona "distribuciones", que se pueden ver 8, elegimos lo que es apropiado para el análisis de investigación y para cada función probabilística son los mismo pasos a realizarse: los datos se cargan, se selecciona la opción "Calcular" a pesar de haber realizado el cálculo, el flujo máximo del proyecto no aparece, deben asignar el tiempo de retorno y luego seleccionar "Q = f (t)"

3.5.4. Determinación de coeficientes de rugosidad

Tomando en cuenta que para el río Zarumilla no se poseen suficientes datos sobre la observación del nivel de agua y los caudales, porque éstos no se miden, no se dan las condiciones para la evaluación del coeficiente de rugosidad a lo largo del curso de río.

Por estas razones, los coeficientes de rugosidad de Manning han sido adoptados sobre la base de recomendaciones de las publicaciones técnicas reconocidas por los especialistas para casos similares y la experiencia del Consultor. Estos coeficientes fueron evaluados dependiendo de la forma de la sección mojada, vegetación de las márgenes y el área de inundación, características granulométricas del terreno en el cauce principal del río, etc. (PEBPT-ANEXO 2 ESTUDIOS BASICOS 2.2 HIDROLOGIA, HIDRAULICA FLUVIAL Y SEDIMENTOS)

A continuación se indican los valores adoptados para el cauce principal y para el área de inundación.

RUGOSIDAD SEGÚN MANNING (n)		
Cauce principal	Áreas de inundaciones sin cultivo	Áreas de inundaciones con cultivo
0.035	0.065	0.100

CUADRO N° 11 : TABLA DE VALORES DE RUGOSIDAD

FUENTE : PEBPT EXPEDIENTE TECNICO (DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO ZARUMILLA)

- ✓ Tomando en valor del coeficiente de rugosidad de Manning con un decimal tenemos al redondearlo $n = 0.3$

3.5.5. Simulación hidráulicamente del tramo

Aplicamos el modelo hidráulico HEC-RAS, como primer paso se configuró el software y se trabajó en esta simulación hidráulica con el Sistema Internacional, se guardó el trabajo con la opción "New Project". Para este estudio se requirió saber estas tres opciones a tener en cuenta:

- ✓ Geometric data hay se importó el trabajo se realizado en el Arc Gis 10.3.
- ✓ Flow data en esta opción se colocó los 6 años de periodos de retorno, se definió un régimen mixto (aguas arriba y aguas abajo).
- ✓ condiciones de simulación (Flow simulation) en esta opción se realizó la simulación hidráulica.

Se utilizó el modelo hidráulico HEC-RAS, ya que el primer paso fue configurar las unidades en este caso las del SI y el proyecto se guarda en blanco. Para realizar una simulación fue necesario definir tres opciones: datos de geometría (datos geométricos), características de flujo para modelar (datos de flujo) y condiciones de simulación (simulación de flujo).

3.5.5.1. Ingreso de información a opción "Geometric Data"

Aquí definimos su geometría transversal. Para este análisis seleccionamos la opción "Geometric Data" luego seleccionamos "File" y posteriormente seleccionamos "Import geometry data". Se realiza con la finalidad de observar el trazo del eje central, las líneas de flowpaths y líneas de cortes transversales que se realizó en el ArcGis.

De nuevo en la opción "Geometric Data" asignamos un valor de rugosidad al río. Para esto seleccionamos "Tables", y luego "Edit Manning's or k values", aparecerá un cuadro y asignamos el valor de rugosidad de Manning' que se seleccionó mediante las tablas propuesta por Manning tanto para los overbanks como para el canal central.

Nuevamente la opción "Geometric data" seleccionamos "Tables" de la barra de opciones de y luego seleccionamos "Contractions/expansions coefficients steady flow" para asignar los coeficientes de expansión (0.3) y

contracción (0.1), los cuales corresponden a una transición gradual, para un caudal permanente como es el caso del presente río y que será explicado más adelante.

Después de ingresar todos los datos se procederá a guardar el "Geometric data" asignándole un nombre. Luego se observara en el Hec-Ras el nombre del archivo con la que se guardó.

3.5.5.2. Ingreso de caudales y condiciones de contorno en la opción "Steady flow Data"

En los canales naturales, los parámetros hidráulicos (voltaje, rango hidráulico, circunferencia húmeda, velocidad, flujo, etc.) cambian en cada sección en relación con el tiempo, por lo que se consideran flujos no permanentes; Sin embargo, Hec-Ras está interesado en trabajar con flujos máximos, para un tiempo de rendimiento determinado, y simula si el canal y el conjunto están operando en él, admite o no este flujo máximo, se considera de forma permanente. Por lo tanto, elegimos la opción "Datos de flujo estables", con referencia al modelado de un flujo permanente.

Primero definimos el número de perfiles que para este trabajo fueron 6, le asignaremos un caudal diferente según tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años antes calculados. Luego, introducimos las condiciones de contorno seleccionando "Reach Boundary Conditions".

Para poder establecer el nivel del agua inicial en ambos extremos del tramo del río ya sea aguas arriba (upstream) y/o aguas abajo (Downstream) HEC-RAS necesitó la información de condiciones de contorno, las cuales en un régimen subcrítico sólo se necesitan en el extremo de aguas arriba; en régimen supercrítico, sólo es necesario en el extremo de aguas abajo.

3.5.5.3. Creación de un plan para flujo permanente y ejecución del modelo

En Hec-Ras para crear un plan de flujo permanente es el conjunto de condiciones elegido para realizar los siguientes cálculos: la geometría (tramos y secciones), datos hidráulicos (caudales) y tipo de régimen. Por eso, seleccionamos la opción "Análisis de flujo constante" y luego seleccionamos "Mixto" en "Régimen de flujo".

En el caso de que se produzca un error en el sistema, se debe tener en cuenta lo siguiente:

Aparecerá una ventana dando el éxito de la simulación. A través de la opción "View 3D mutiple cross section plot" las zonas de inundación serán observadas, y con la opción "View Cross Section", las secciones del canal serán observadas con los struts críticos de acuerdo con el perfil que se va a trabajar.

3.5.5.4. Exportación de archivo de zonas de inundación

Después de la simulación ejecutada, guardaremos los parámetros generados. Seleccione "Archivo" y luego "Export GIS Data" muestra una ventana llamada "GIS Export", asigne la ubicación para guardar el archivo exportado, a continuación, seleccione el perfil para exportar, la zona de inundación, generando formato de exportación de tres archivos SDF para los seis tiempos de retorno en estudio. Seleccionamos la opción "Exportar datos" en la parte inferior de la ventana.

3.5.6. Elaboración de mapas de áreas inundables de los sectores LA Palma, los Olivos, Papayal y La Coja del Distrito Papayal Provincia de Zarumilla, Región Tumbes, mediante Software ArcGIS.

Producir estos mapas de inundación se usará el ArcGis, y se selecciona el componente ArcMap con ayuda de imágenes satelitales se realizara el dibujo y planimetría de la zona de estudio, en el cual se especificaran las áreas de cultivos, el lugar donde se realizó este trabajo de investigación (La Palma, Los Olivos, Papayal, La Coja), caminos de acceso, el cauce del río Zarumilla.

IV. RESULTADOS

1. Determinar áreas con riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno utilizando el modelo HEC-RAS y Software ArcGIS.
- ✓ La determinación del área inundable resulta de sobreponer la figura de la simulación de la corrida en el software HEC-RAS con el caudal máximo estimado en el software hidroesta2 para cada periodo de retorno correspondiente, encima del MAPA N° 1; luego aparecerá la parte en la que el ríos se sale de su cauce original y esa parte es la cual se encuentra a través del software ArcGIS.

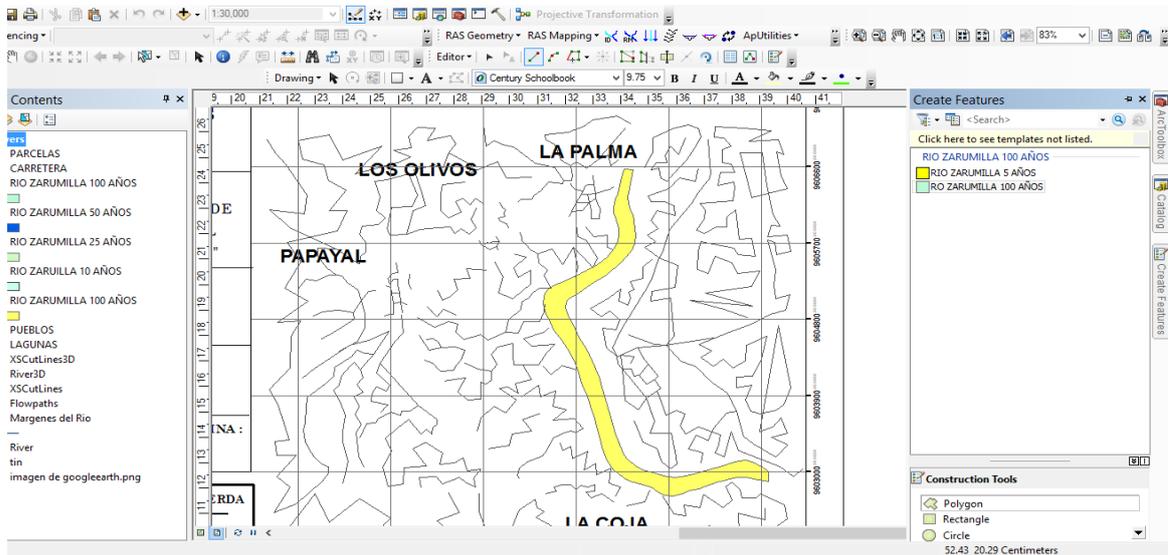


FIGURA N° 04 : EJEMPLO DE UN AREA ENCINTRADA
 FUENTE : ELABORACION PROPIA

- ✓ Obteniendo así las siguientes áreas que se mostraran en el cuadro siguiente:

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2	5	10	25	50	100
AREA ENCONTRADA (HECTAREAS)	8.9	13.5	31.3	58.7	97.6	167.6

CUADRO N° 12 : AREAS INUNDABLE CALCULADAS
 FUENTE : ELABORACION PROPIA

2. Estimar los caudales máximos del Río Zarumilla para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, mediante modelos HEC-RAS.

✓ Mediante análisis estadísticos del HIDROESTA 2 y tomando en cuenta 3 modelos probabilísticos los cuales son: Distribución Normal, Distribución Log-Normal 3 parámetros y Distribución Gumbel. Se logró obtener caudales estimados para los diferentes periodos de retorno en estudio.

Aplicamos la media aritmética para así tener un promedio calculado a partir de estos tres métodos.

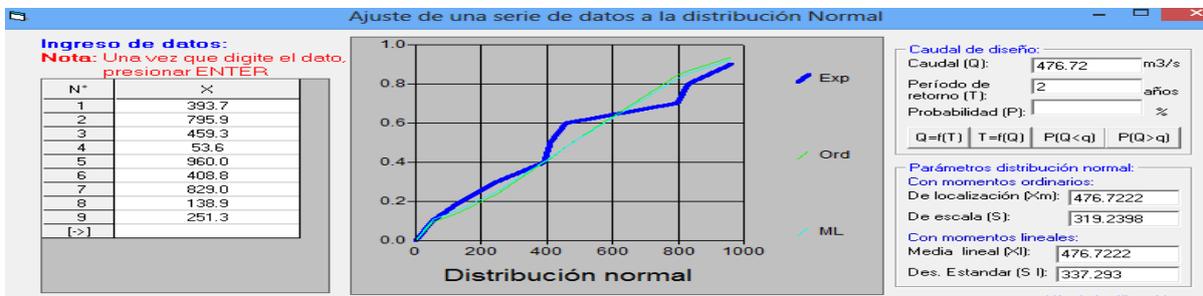


FIGURA Nº 05 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 2 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

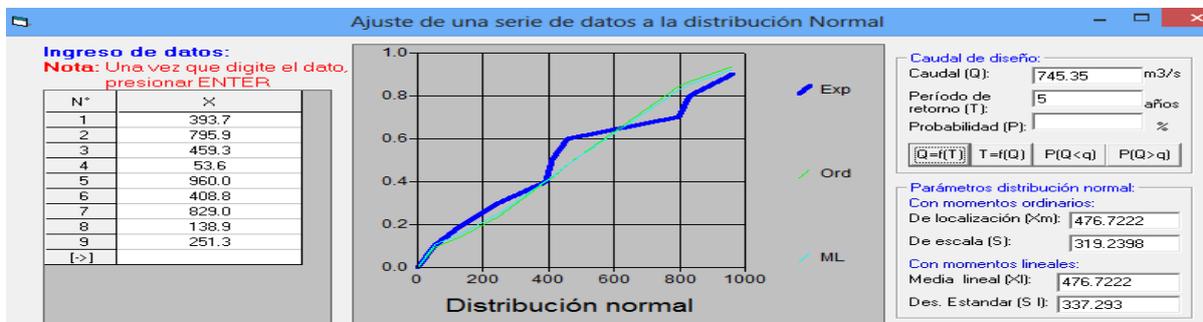


FIGURA Nº 06 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 5 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

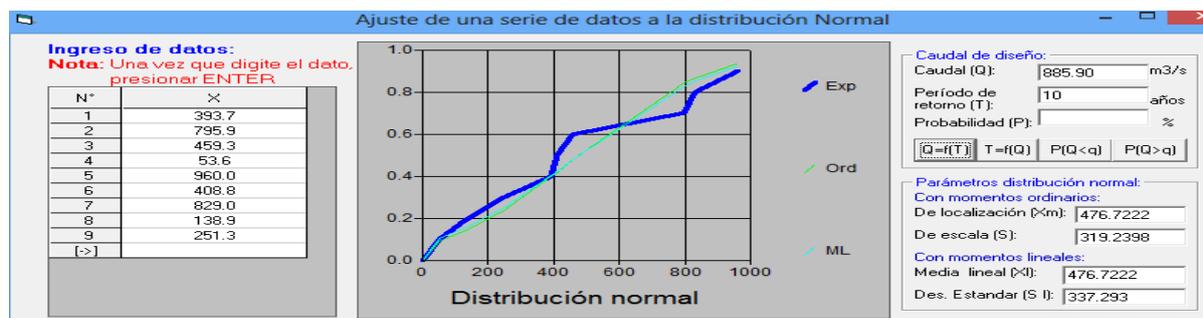


FIGURA Nº07 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 10 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

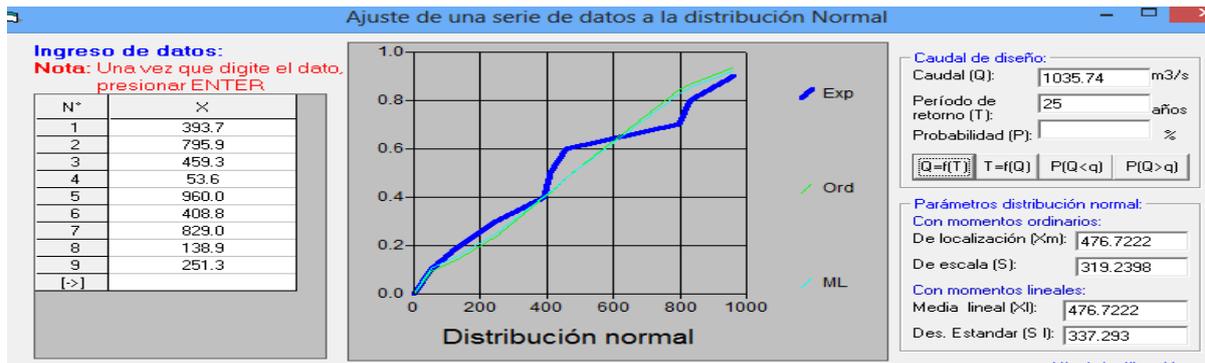


FIGURA Nº 08 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 25 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

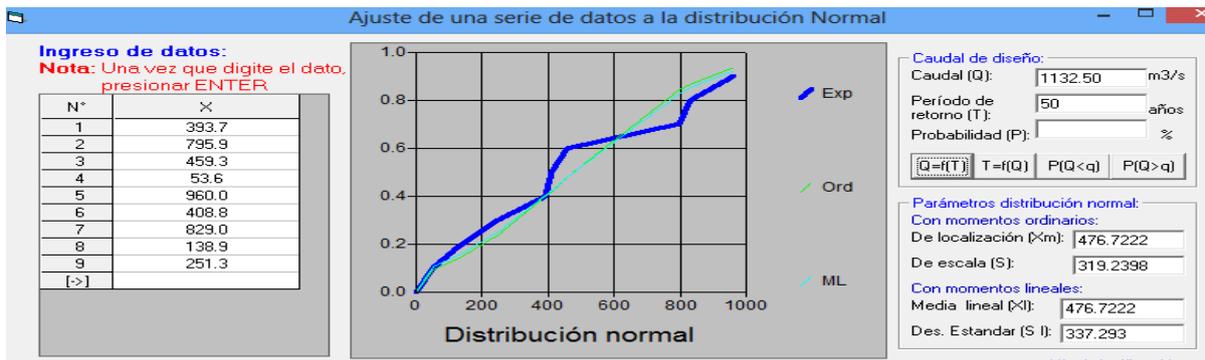


FIGURA Nº 09 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 50 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

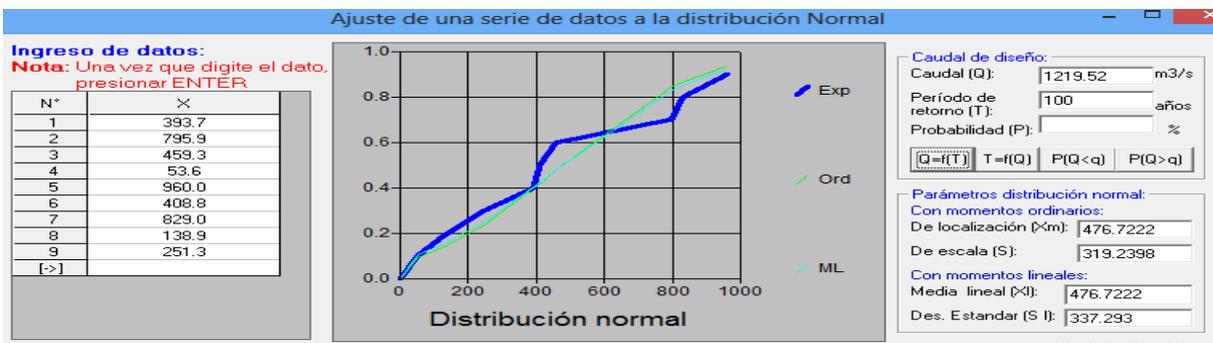


FIGURA Nº 10 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 100 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN NORMAL)

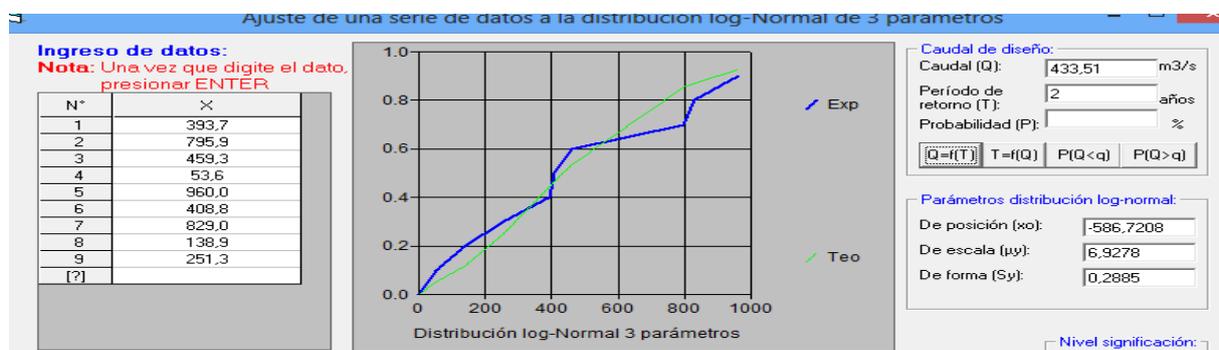


FIGURA Nº 11 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 2 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

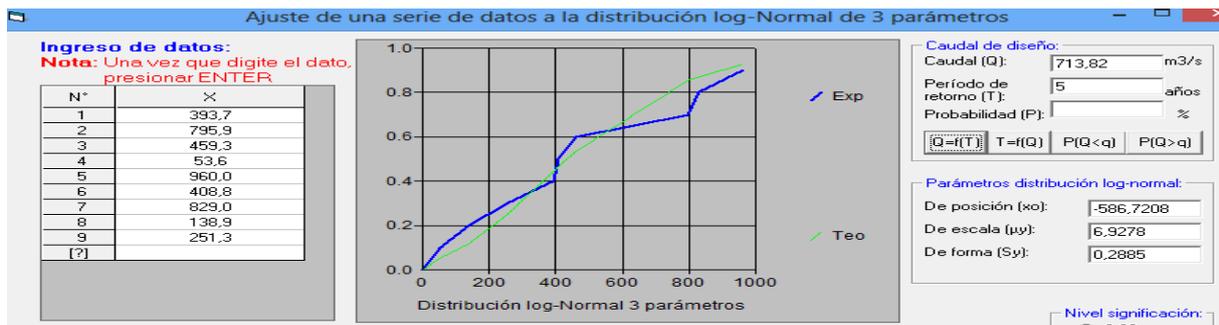


FIGURA Nº 12 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 5 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

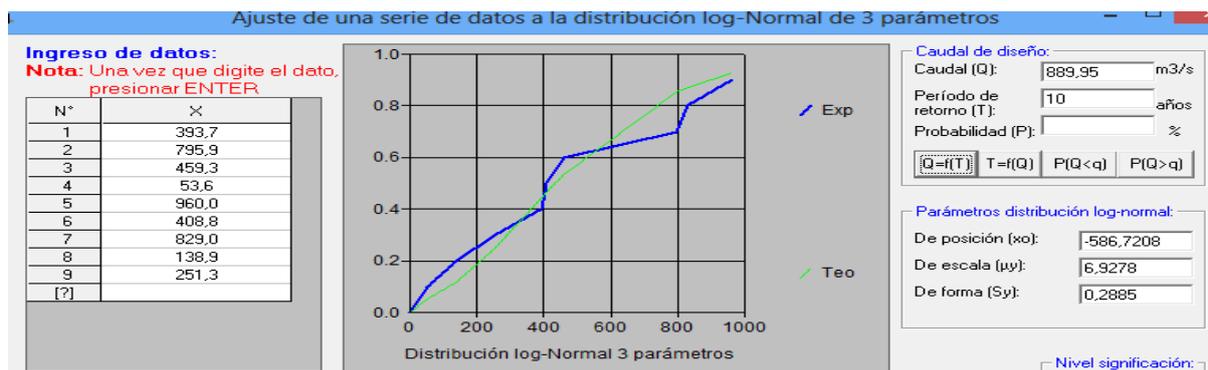


FIGURA Nº 13 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 10 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

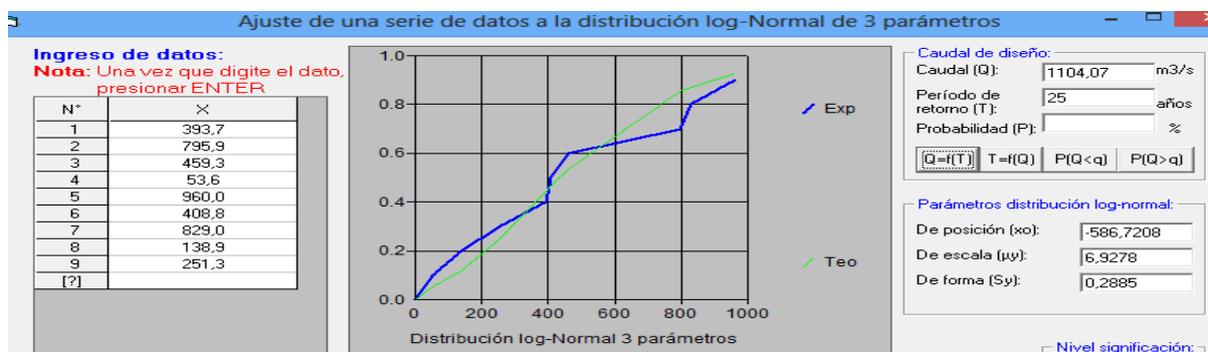


FIGURA Nº 14 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 25 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

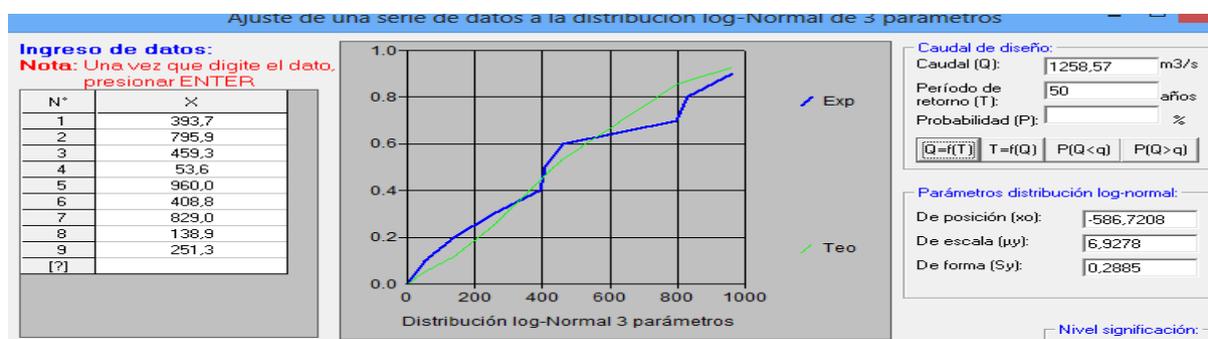


FIGURA Nº 15 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 50 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

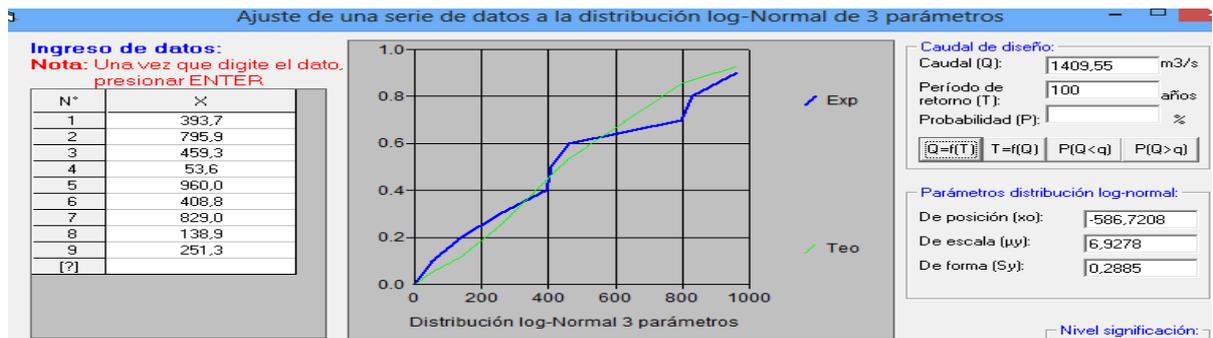


FIGURA N° 16 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 100 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 3 PARAMETROS)

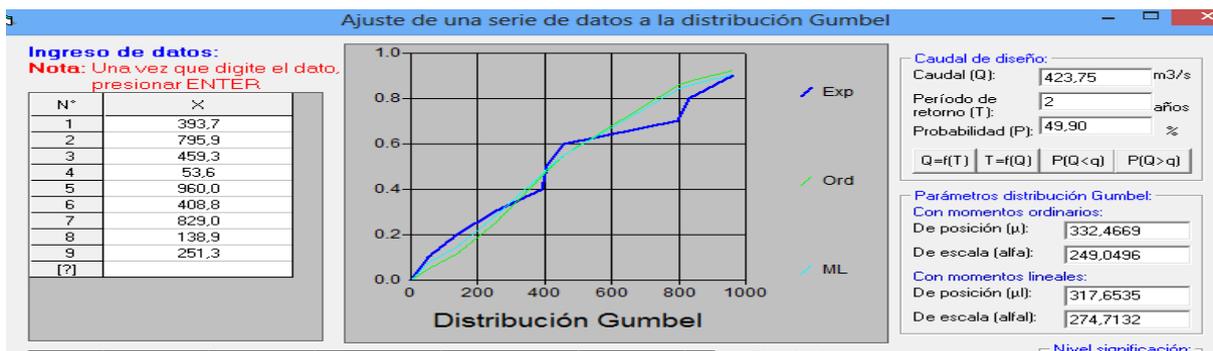


FIGURA N° 17 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 2 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)



FIGURA N° 18 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 5 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)

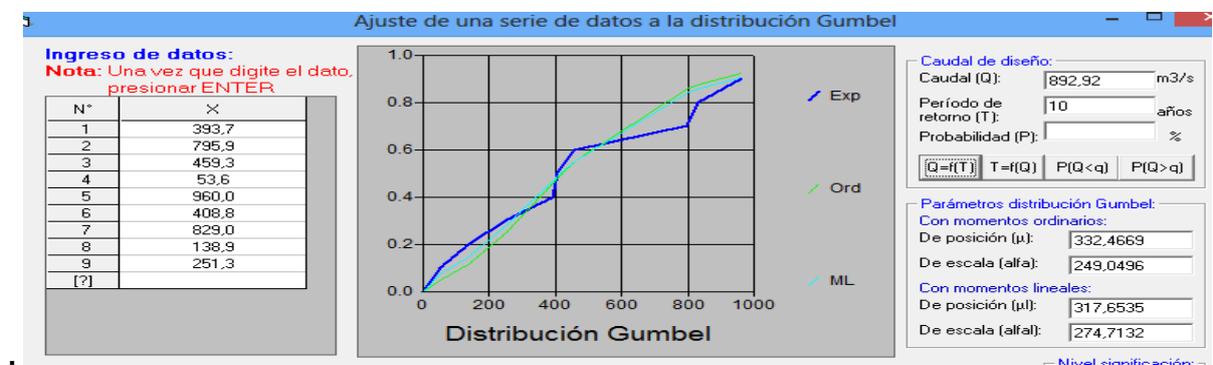


FIGURA N° 19 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 10 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)



FIGURA Nº 20 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 25 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)



FIGURA Nº 21 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 50 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)



FIGURA Nº 22 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMA AVENIDA (TR 100 AÑOS)
 FUENTE : HIDROESTA 2 (DISTRIBUCIÓN GUMBEL)

- Luego para el cálculo de los caudales para los diferentes tiempos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años) Se realizó de la siguiente manera:
 Sacando la media aritmética de las 3 distribuciones probabilísticas encontradas y se obtuvo resultados de caudales de diseños para diferentes tiempos de retorno.

tiempo de retorno (años)	normal	LogNormal 3 parametros	GUMBEL	Media Aritmetica
2	476.72	434.22	424.28	445.07
5	745.35	714.24	706.40	722.00
10	885.90	890.05	893.19	889.71
25	1035.74	1103.65	1129.90	1089.76
50	1132.50	1257.71	1304.28	1231.50
100	1219.52	1408.19	1478.07	1368.59

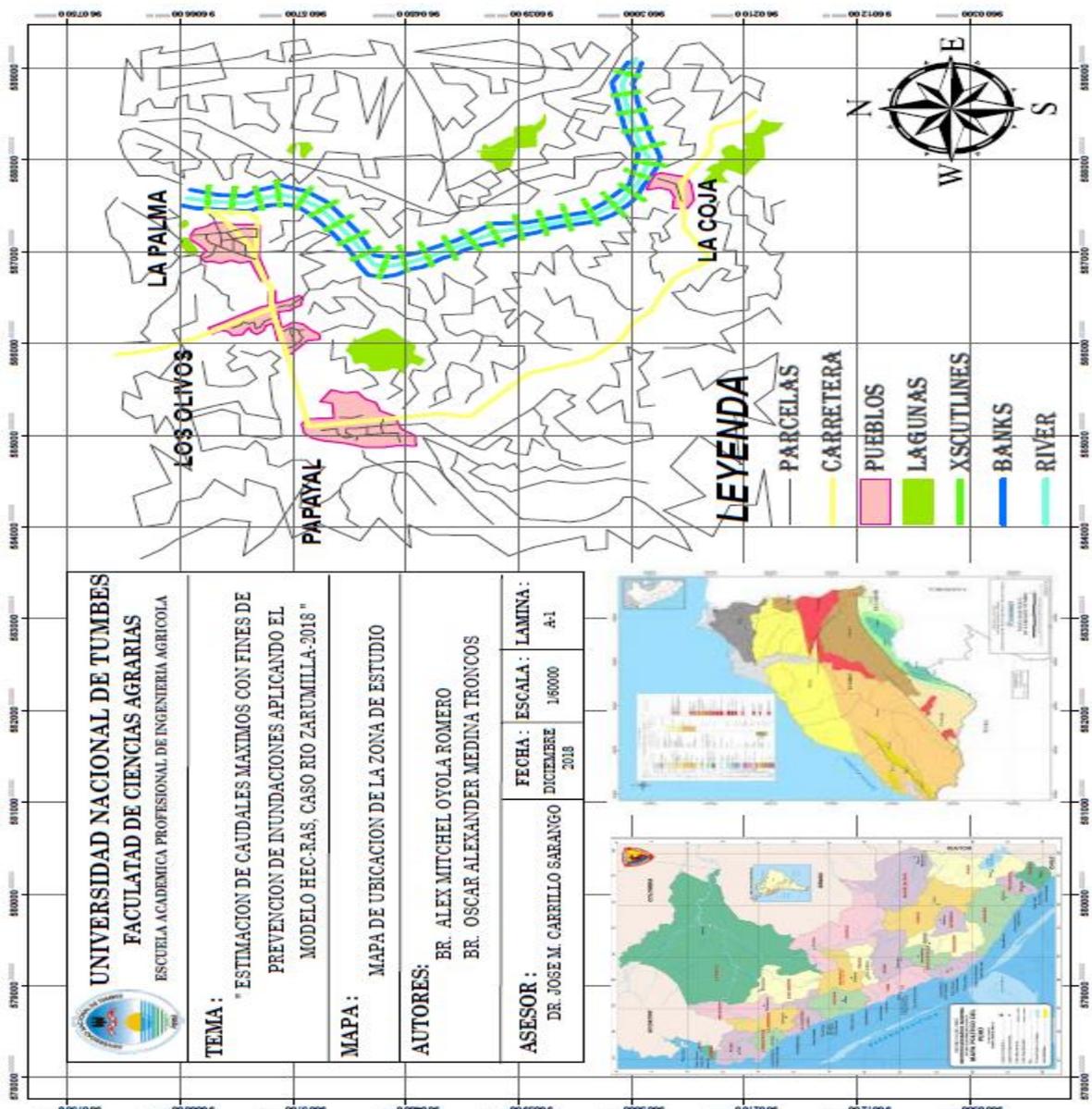
CUADRO N° 13 : CAUDALES ESTIMADOS PARA LOS PERIODOS DE RETORNO
FUENTE : ELABORACION PROPIA

- ✓ Comparamos los resultados obtenidos con trabajos realizados por otros autores anteriormente tenemos que están en promedio:
- ✓ Con los valores de la tabla del CUADRO N° 01 (CAUDALES MÁXIMOS – REALIZADOS POR EL PEBPT 2015).
- ✓ Con los valores de la tabla del CUADRO N° 02 (DESCARGAS MÁXIMAS CON SOFTWARE HYFRAN) realizado por HOYOSBUSTAMANTE Y BENAVIDS HONORES 2018.
- ✓ Con los datos de los caudales máximos obtenidos en la siguiente investigación VULNERABILIDAD DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE BOLSICO PARA SOPORTAR CAUDALES DE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS DEL RIO ZARUMILLA – 2019.

Período de Retorno (años)	NORMAL (m3/s)	LOG NORMAL 2P (m3/s)	LOG NORMAL 3P (m3/s)	GUMBEL (m3/s)	LOG GUMBEL (m3/s)	GAMMA 2P (m3/s)	GAMMA 3P (m3/s)
5	745.35	779.44	714.24	706.4	695.19	721.08	739.51
10	885.9	1177.73	890.05	893.19	1203.2	946.59	894.85
15	956.02	1177.73	986.44	998.57	1639.64	1073.92	974.86
20	1001.94	1655.94	1052.93	1072.36	2036.39	1162.79	1028.15
25	1035.74	1828.73	1103.65	1129.2	2406.3	1231.00	1067.85
30	1062.31	1977.17	1144.63	1175.43	2756.28	1286.32	1099.31
50	1132.5	2429.78	1257.71	1304.28	4024.00	1439.61	1183.59
100	1219.52	3137.32	1408.19	1478.07	6703.73	1644.14	1290.33

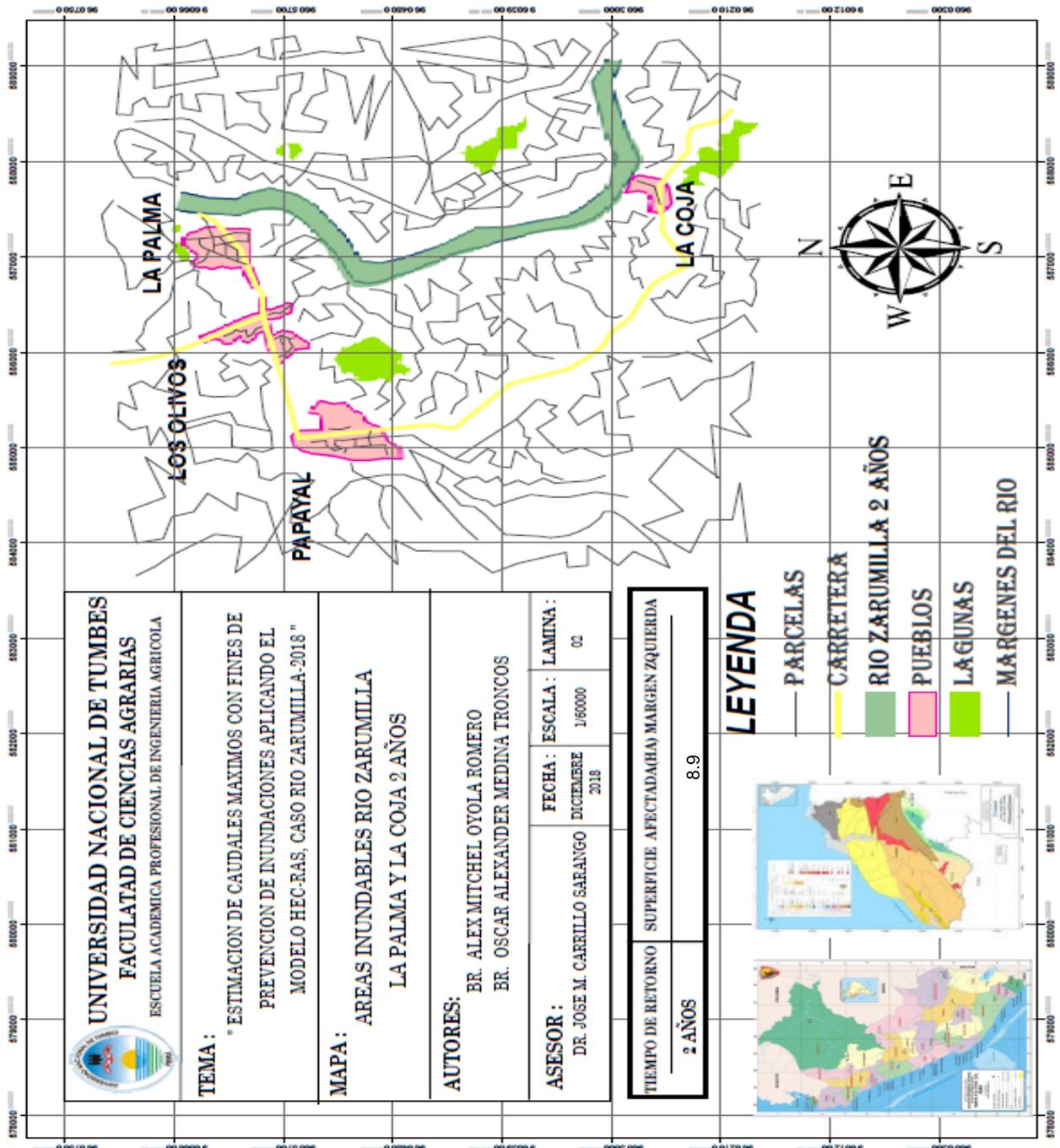
3. Identificar zonas que presentan riesgos de inundación en la cuenca del Rio Zarumilla, Distrito Papayal.

- ✓ Según el mapa que se ha realizado en el ArcGIS del tramo en estudio, se identificó que las zonas más vulnerables son el Sector La Coja; ya que está más cerca al cauce del río y no cuenta con ningún medio de protección (ya sea muro de contención, espigón, etc) y las partes aledañas a la margen izquierda en todo el tramo en estudio, en el cual se ubica zonas de cultivos de los pobladores de los sectores involucrados.

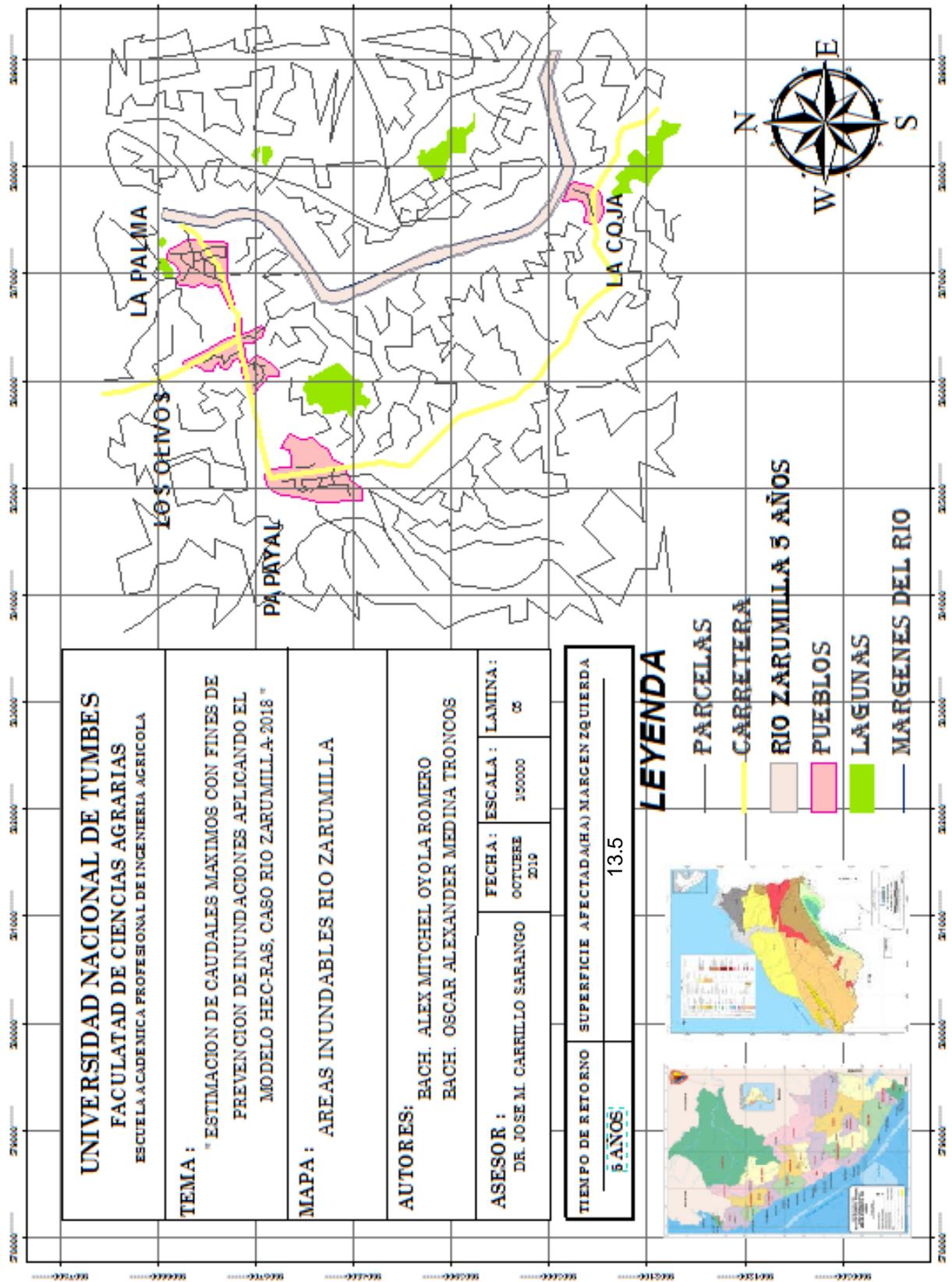


MAPA Nº 01 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA

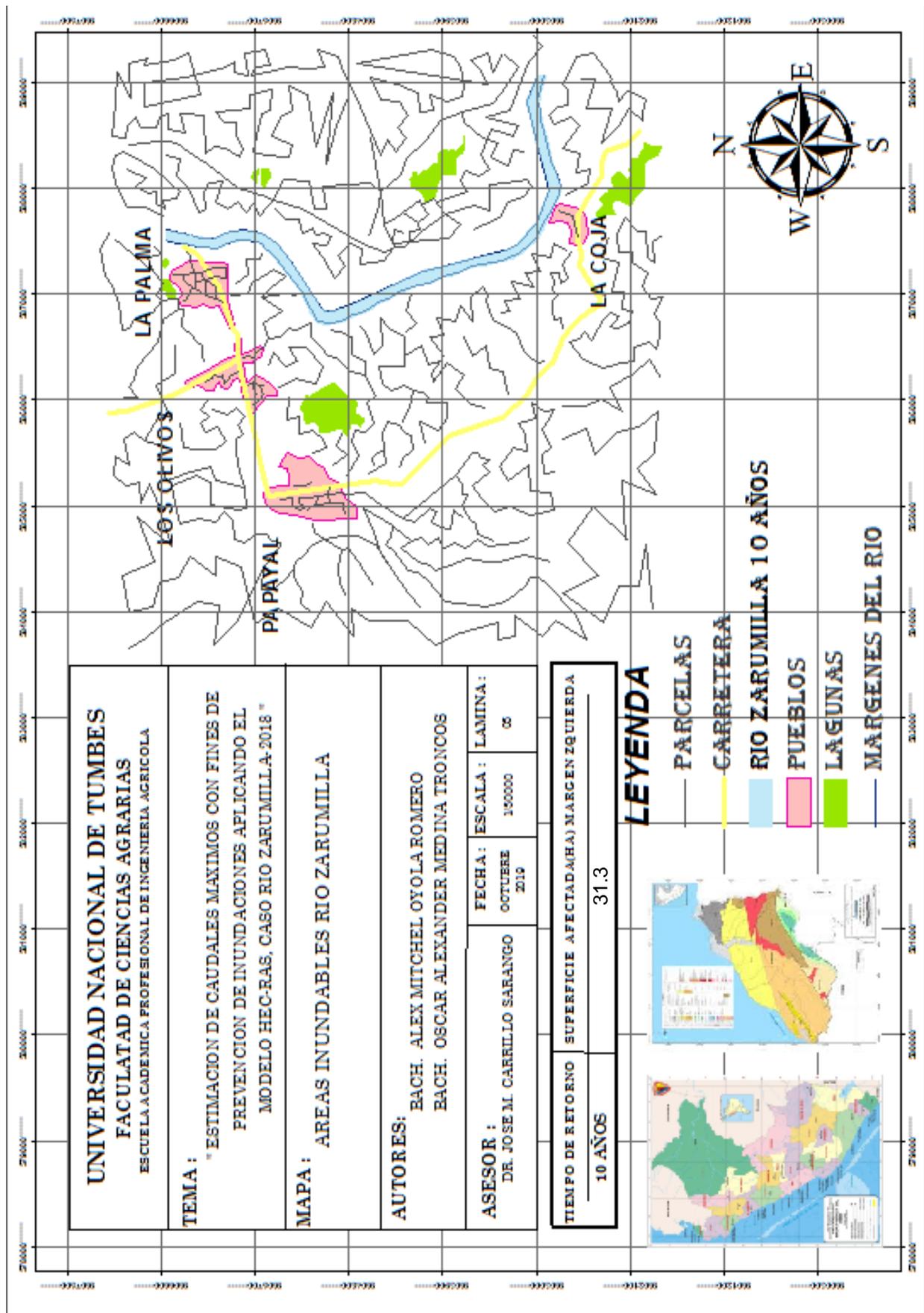
4. Elaborar mapas de riesgos de inundación en el Distrito de Papayal, Región de Tumbes; mediante Software ArcGIS.
- ✓ Estos son los diferentes mapas que muestran un área inundable para cada periodo de retorno con el caudal máximo correspondiente y calculado, en donde involucran los sectores y todo el tramo en estudio; además muestran en área afectada encontrada.



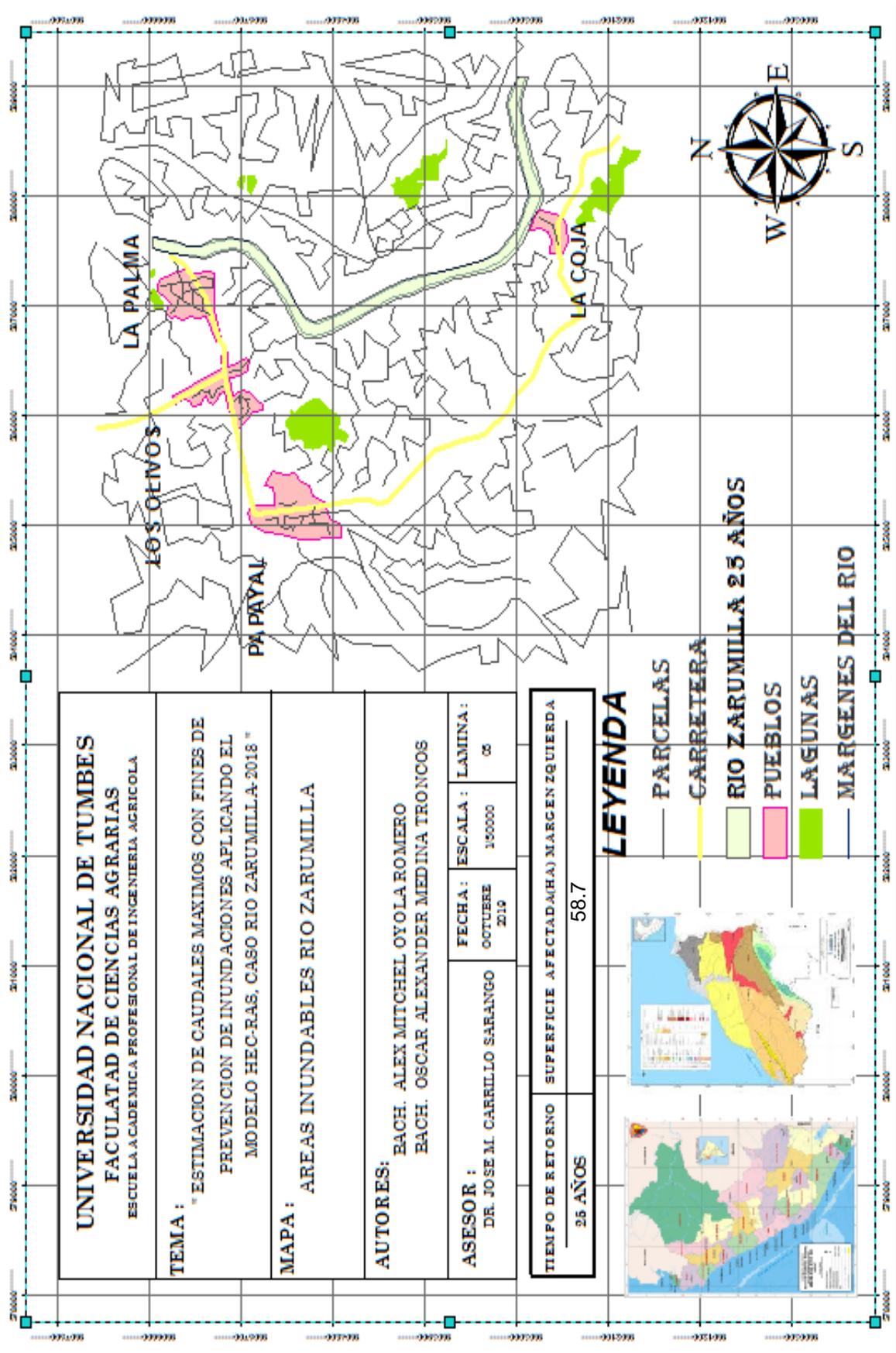
MAPA N° 02 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA



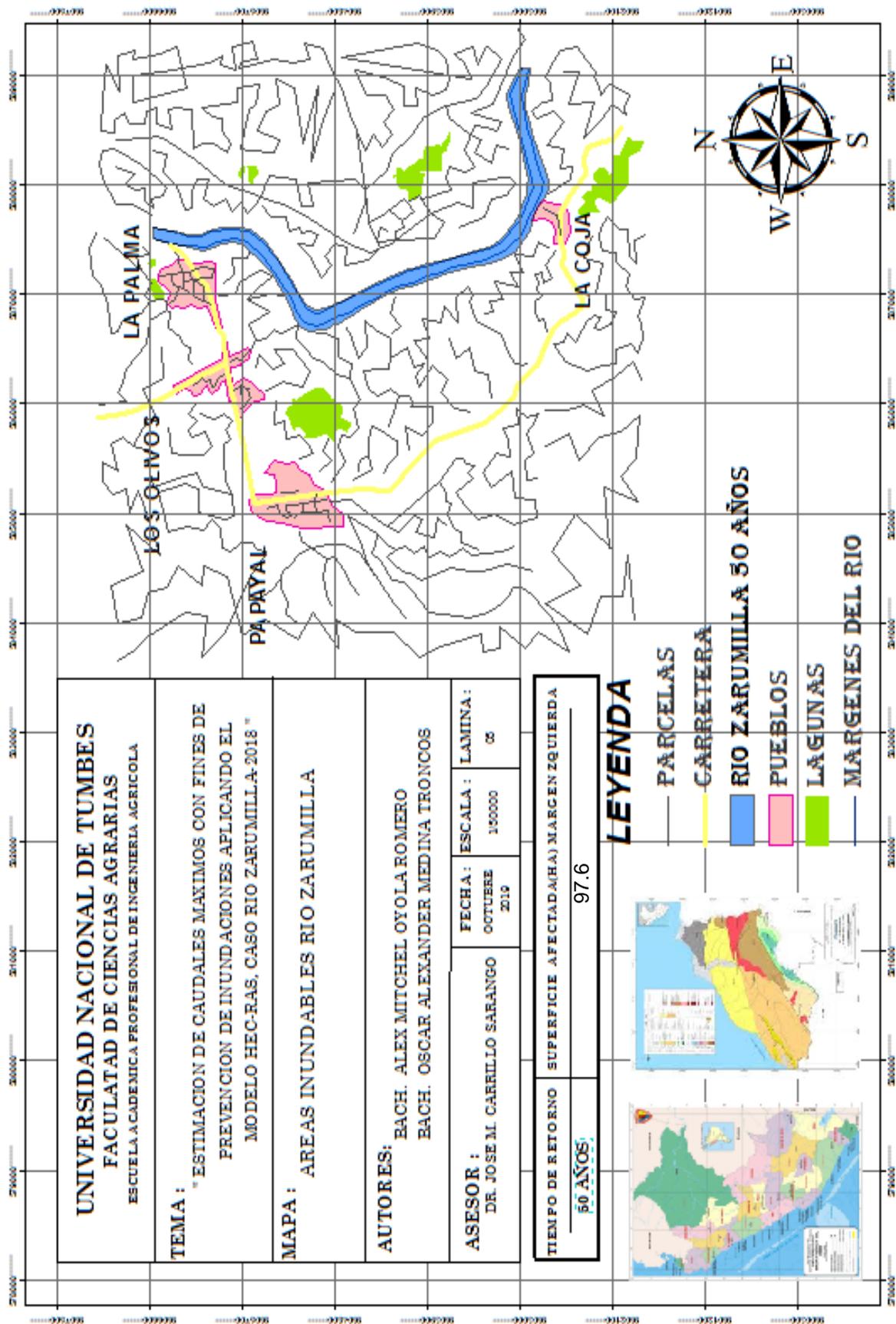
MAPA N° 03 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA



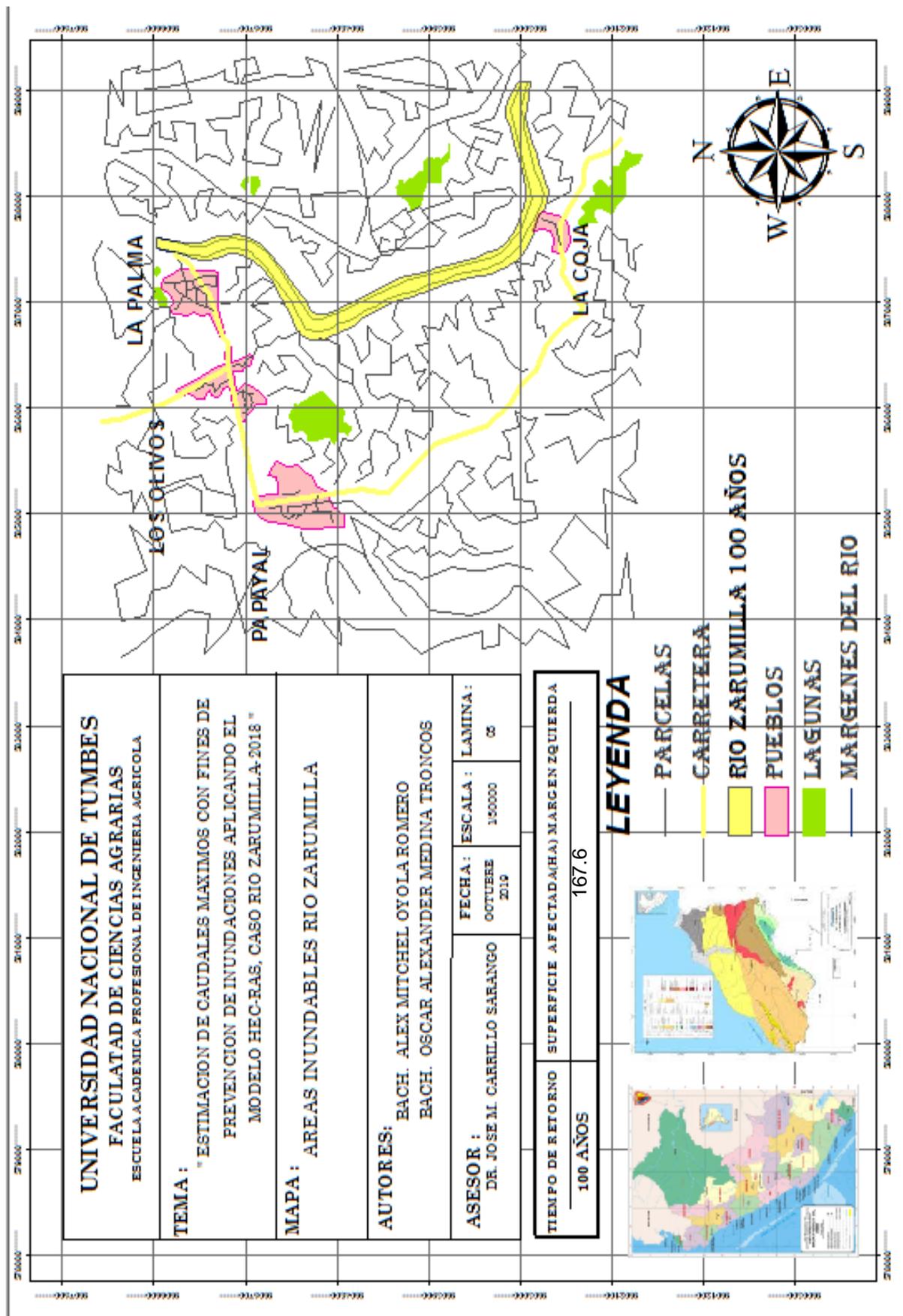
MAPA N° 04 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA



MAPA Nº 05 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA



MAPA N° 06 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA



MAPA N° 07 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 FUENTE : ELABORACION PROPIA

5. Realizar un estudio hidráulico en el tramo del río Zarumilla utilizando el modelo HEC-RAS

- ✓ El estudio hidráulico realizado desde sector La Coja y bocatoma La Palma se desarrolla en dirección sur-oeste en una longitud de estudio de 3 Km, en dirección sur-oeste desde la cota 34 msnm hasta la cota 22 msnm (datos obtenido con el navegador GPS) lo que implica una pendiente promedio del orden de 0.004. teniendo un ancho promedio entre 100-150m, y una altura de 1.50 y 2.00 m por debajo de las terrazas de la margen izquierda (lado peruano) en donde se ubican los terrenos de cultivo. El terreno del cauce es mayormente arenoso, lo que da características de un lecho altamente erosionable. La pendiente longitudinal y la sección transversal del cauce se ve constantemente modificada por la alternancia en los fenómenos de sedimentación y erosión producidos por la gran variación de los caudales que van desde los 1000 m³/s hasta 0 m³/s; y se obtuvo un coeficiente de rugosidad de Manning compuesto obteniéndose así un n=0.3 en todo en ancho y tramo del río en estudio.

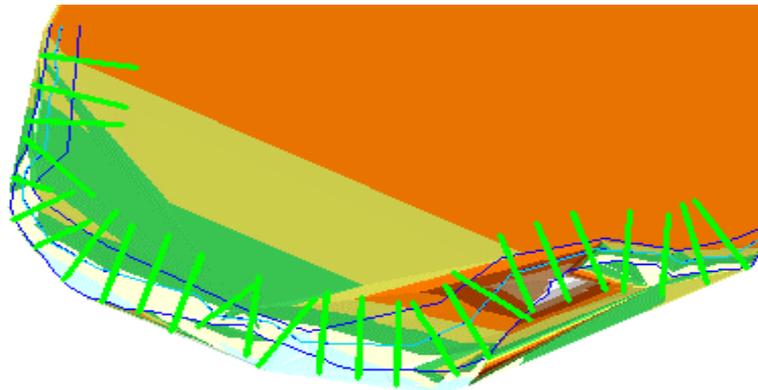


FIGURA Nº 23 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
FUENTE : ELABORACION PROPIA

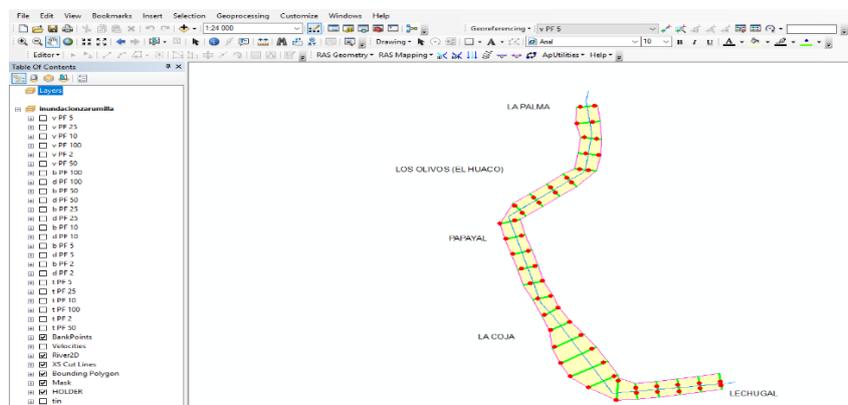


FIGURA Nº 24 : SECCION HIDRAULICA DE LA ZONA EN ESTUDIO
FUENTE : ELABORACION PROPIA

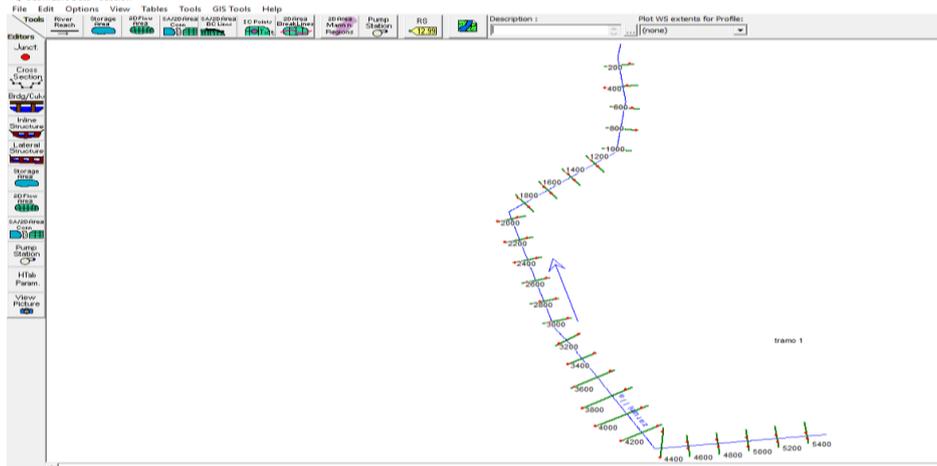


FIGURA Nº 25 : SECCIONES TRANSVERSALES CON HEC-RAS.
FUENTE : ELABORACION PROPIA

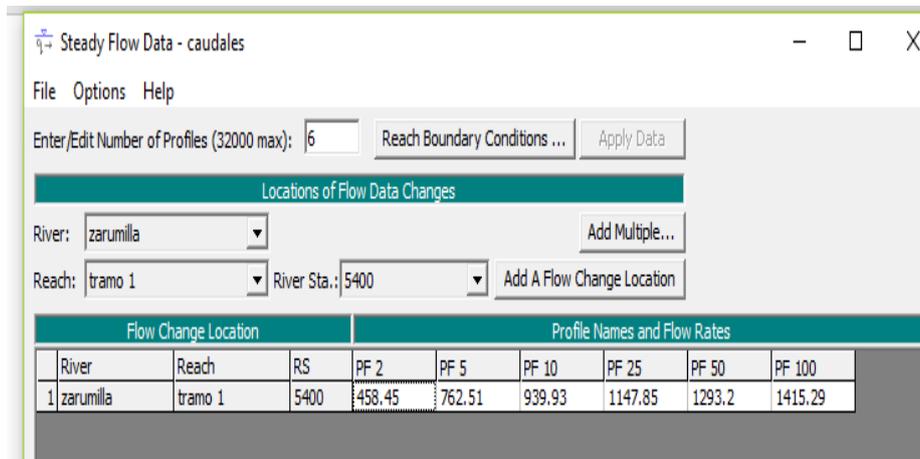


FIGURA Nº 26 : ASIGNACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS.
FUENTE : ELABORACION PROPIA

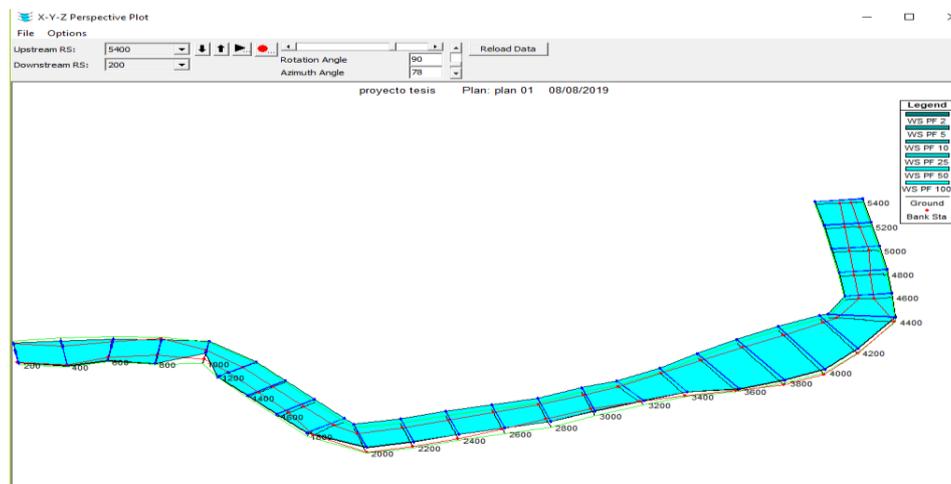


FIGURA Nº 27 : SIMULACION HIDRAULICA EN HEC-RAS
FUENTE : ELABORACION PROPIA

V. DISCUSION

- ✓ Para calcular la secciones transversales se trabaja con ArcGis y la extensión Hec-GeoRas. El Hec-GeoRas se compone de una serie de procedimientos, herramientas y utilidades diseñadas para procesar datos georeferenciados que permite realizar la preparación de los datos geométricos para importarlos en HEC-RAS. Mediante HEC-geoRAS creamos un archivo de importación a HEC-RAS que recoge los datos de la geometría del terreno incluyendo el cauce del río, las secciones transversales. Este archivo se importa a HEC-RAS donde realizamos todo el cálculo hidráulico y obtenemos los resultados.

- ✓ En el coeficiente de rugosidad de Manning debemos asignar un valor por tramo ya que se sabe que en el río sus llanuras de inundación y sus condiciones del cauce cambia y generalmente varían en tramos cortos por lo que se debe realizar un recorrido del río con la finalidad de hacer un análisis de la condiciones del río y seleccionar un valor de las tablas de Manning para realizar la simulación hidráulica en el Hec-Ras.

- ✓ En referencia con la simulación hidráulica en Hec-Ras, hay que tener presente la relación que existe entre el caudal máximo según tiempo de retorno que vayamos a simular. se debe realizar un cálculo para obtener los resultados de los caudales de retorno en esta presente investigación se trabajó con el Hidroesta 2 para calcular mediante sus funciones probabilísticas los caudales de retorno y la topografía del área de influencia necesaria para poder visualizar exitosamente la inundación generada por este caudal; y así nos permitirá obtener una mejor visualización en el área de influencia y tener un mejor resultado en la simulación hidráulica.

- ✓ El software HEC-RAS nos sirvió hacer la simulación hidráulica, la herramienta HEC-geoRAS nos sirvió para realizar las secciones transversales; y el software ArcGIS nos sirvió para procesar la topografía y elaborar los mapas, pero a pesar de todo lo realizado estos programas no son suficientes y se necesita del criterio de algún o algunos expertos para ser adaptados a cada situación en particular.

VI. CONCLUSIONES

- En los sectores de La Palma, Los Olivos, Papayal y La Coja; las áreas de inundación que corresponden en la Margen Izquierda son aproximadamente 8.9, 13.5, 31.3, 58.7, 97.6 y 167.6 hectáreas respectivamente.
- Con se software HIDROESTA 2, se determinó mediante el promedio de 3 modelos probabilísticos: Normal, LogNormal 3 parámetros, Gumbel. Dándonos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años los siguientes caudales máximos 445.07, 722.00, 889.71, 1089.76, 1231.50 y 1368.59 respectivamente.
- Las zonas más vulnerables ante un desborde del Rio por motivo de las crecidas son las llanuras que están en ambas márgenes lo cual corresponden a zonas que los pobladores utilizan para la agricultura centros poblados.
- Las llanuras de inundación del rio Zarumilla están constituidas por arbustos, pastos, zonas cultivables en las cuales siembran: zapallo, yuca, plátano, limón, cacao, maíz, etc, debido a los depósitos de limos que se forman por los espigones que se han creado.
- En el estudio hidráulico del rio encontramos que presenta un ancho de cauce entre los 100 m y 150 m, con de cotas de 34m y 22 m teniendo así una pendiente promedio 0.004 y velocidades de 0 m/s a 3 m/s en promedio, con caudales que van desde 0 m³/s hasta 1000 m³/s. Posee tiene una topografía plana con algunos cerros de a lo más de 10 m de altura y de 50 m a 100 m de largo en algunas partes de las orillas del cauce; en algunos tramos existen estructuras hidráulicas como espigones y muros enrocados; y el lecho del cauce mayormente arenosos con algo de vegetación.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar más estudios de erosión y encauzamiento para su correspondiente control que se logra con estructuras ribereñas tales como espigones, muros, etc; según sea correspondiente en la zona para disminuir los daños que pueden ocasionarse con caudales que puedan ser mayores a los antes encontrados.

- ✓ Utilizar la información satelital que no es del todo confiable, solo como una herramienta para aproximar las áreas de inundación según el tiempo de retorno establecido (como para los 100 años en caso de puentes).

- ✓ Realizar programas para concientizar a las personas que viven, trabajan o se sustentan de los sectores involucrados que están cerca de las márgenes de los ríos en especial a los agricultores que tienen sus parcelas en las orillas de los ríos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [GRT]., G. R. (2007). *Sustento técnico para declaratoria en situación de emergencia Tumbes por peligro inminente ante las lluvias 2008-2009*. TUMBES.
- BARTH, F. (1987). *Modelos para gerenciamiento de recursos hídricos*. SAO PAULO: Nobel.
- BOSQUE SENDRA, J. (2000). *SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA*. MADRID: RIALP.
- cardenas prado, j. (2012). *APLICACION DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL MODELAMIENTO DE ZONAS CON RIESGO DE INUNDACION. Caso Estudio Río Lurín*. lambayeque,peru.
- CARDENAS, P. (2012). *APLICACION DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL MODELAMIENTO DE ZONAS CON RIESGO DE INUNDACION*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, LAMBAYEQUE, CHICLAYO.
- CHANSON, H. (2002). *HIDRAULICA DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS*. MEXICO D.F: MCGRAW-HILL.
- CHOW, V. (2000). *HIDROLOGIA APLICADA*. NUEVA YORK: Mc Graw-Hill.
- COEN-INDECI. (1 de 06 de 2015). *DESASTRES NATURALES. INUNDACIONES AFECTAN DISTRITOS DE LA PROVINCIA TUMBES-TUMBES*, 56.
- F.A, S. (1947). *REGIMEN Y APROVECHAMIENTO DE LA RED FLUVIAL*. BUENOS AIRES, ARGENTINA: E.d Cimera.
- GILES, R., & LIU, C. (2015). *MECANICA DE LOS FLUIDOS E HIDRAULICA*. MERIDA: McGraw-Hill.
- GUEVARA ALVAREZ, M. (1986). *TEORIA DEL FLUJO LIBRE*. CALI, COLOMBIA: DIANA.
- Guha, & Sapir, D. (2011). *Disasters in Numbers 2010*. Catholic University of Louvain Belgium. Obtenido de http://cred.be/sites/default/files/Disaster_numbers_presentation_2010.pdf
- J.P, M. (2002). *ingenieria de rios*. Barcelona, España: UPC (UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA).
- J.P, M. (2003). *INGENERIA DE RIOS*. MEXICO D.F: OMEGA ALFA.
- MARTIN VIDE, J. (1997). *INGENERIA FLUVIAL*. BARCELONA, ESPAÑA: UPC.
- MAZA, J., & V, F. (2002). *OBRAS DE PROTECCION PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES*. MEXICO: UNAN.
- Ollero, A. (1997). *Crecidas e Inundaciones como riesgo hidrológico*. Lurralde inves. esp.(20), 261-283.
- ORDAZ, M., TORRES, M. A., & DOMINGUEZ, R. (2013). *VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACION*. INSTITUTO DE INGENIERIA . MEXICO: UNAM.
- Sandoval, W. (29 de 03 de 2015). *EL COMERCIO. Desborde del río Tumbes inunda más de 7.500 hectáreas*. Obtenido de Recuperado de <http://elcomercio.pe/sociedad/tumbes/desborde-rio-tumbes-inunda-mas-7500-hectareas-noticia-1800721>
- Whittow, J. (1988). *Diccionario de Geografía Física*. MADRID: Alianza.

IX. ANEXOS



Identificación del área vulnerable



Cauce del rio Zarumilla



Levantamiento del muro de tierra de la margen izquierda



Áreas de cultivos aledaños que se encuentran ubicado en el sector los olivos

ESTIMACION DE CAUDALES MAXIMOS

por Oyola Romero, Medina Troncos

Fecha de entrega: 12-jun-2019 10:16a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1142944335

Nombre del archivo: ICANDO_EL_MODELO_HIDROLOGICO_HEC-RAS_CASO_RIO_ZARUMILLA.2018.pdf
(2.43M)

Total de palabras: 12269

Total de caracteres: 69414

ESTIMACIÓN CAUDALES MÁXIMOS CON FINES DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO HEC-RAS, CASO RIO ZARUMILLA - 2018

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

10%

2

flujoscanales.blogspot.com

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

2%

4

capacitacao.ead.unesp.br

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

fenomenoelninodvsr.blogspot.com

Fuente de Internet

1%

7

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

8

www.um.es

Fuente de Internet

1%

9	dataplusdateunsupplement.blogspot.com Fuente de Internet	1%
10	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
11	bvpad.indeci.gob.pe Fuente de Internet	1%
12	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1%
13	bibciv.ucla.edu.ve Fuente de Internet	1%
14	irh-fce.unse.edu.ar Fuente de Internet	1%
15	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	1%
16	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
17	www.buenastareas.com Fuente de Internet	1%
18	u.jimdo.com Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 1%