

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños
obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019**

TESIS

Para optar el título Profesional en **Ingeniería Agrícola**

Autores:

Bac. Máximo Gabriel Atoche Balladares

Bac. Waldir Jozimar Alemán Marchán

Tumbes, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños
obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019**

Tesis Aprobada en forma y estilo por:

Dr. José Modesto Carrillo Sarango
Presidente

Dr. Francisco Alburqueque Viera
Secretario

Dr. Carlos Manuel Sabino Escobar
Vocal

Tumbes, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños
obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019.**

Los Suscritos declaramos que la tesis es origina en su contenido y forma.

Bac. Máximo Gabriel Atoche Balladares

Autor

Bac. Waldir Jozimar Alemán Marchàn

Autor

Dr. Napoleón Puño Lecarnaquè

Asesor

Tumbes, 2019

CERTIFICACIÓN

Dr. NAPOLEÓN PUÑO LECARNAQUÈ, Docente Principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de CIENCIAS AGRARIAS, Departamento Académico de INGENIERÍA AGRÍCOLA.

CERTIFICA:

Que la Tesis:

ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN CUENCAS SECAS Y APLICACIÓN EN DISEÑOS OBRAS DE DEFENSAS RIBEREÑAS: CASO QUEBRADA ANGOSTURA, TUMBES, 2019.

Presentada por los Bachilleres de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola:

Bac. ATOCHE BALLADARES, MÁXIMO GABRIEL

Bac. ALEMAN MARCHAN, WALDIR JOZIMAR.

Ha sido asesorada y revisada por mi persona.

Tumbes, 20 de Noviembre del 2019.

Dr. Napoleón Puño Lecarnaquè

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N «LA CRUZ»
SECRETARIA ACADÉMICA
TUMBES - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

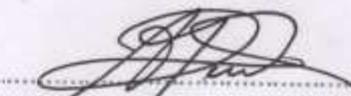
En Tumbes, a los *dieci y nueve* día (s) del mes de *NOVIEMBRE* de 2019, se reunieron en el aula virtual N° 01 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del jurado designados según Resolución N° 047-2019/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (27/05/2019) y Resolución N° 071-2019/UNTUMBES-VRACAD-FCA.D (05-08-2019), donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de tesis denominada: **"Estimación de caudales máximos en cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: Caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019"** para optar el Título de Ingeniero Agrícola. **Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué.**

A las *SIETE* horas con *CUARANTA* 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* en el calificativo de *SOPRESALIENTE*

Por lo tanto, los Bachilleres, **ALEMÁN MARCHÁN WALDIR JOZIMAR** y **ATOCHÉ BALLADARES MÁXIMO GABRIEL**, quedan aptos para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, les expidan 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 *NOVE* con *CERO* minutos, el presidente del jurado dio 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. JOSÉ MODESTO CARRILLO SARANGO
Presidente


.....
Dr. FRANCISCO ALBURQUEQUE VIERA
Secretario


.....
Dr. CARLOS MANUEL SABINO ESCOBAR
Vocal

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos dado la familia que tenemos, por la salud y la paciencia brindada que nos permitió lograr los objetivos trazados.

A Nuestros Padres

Por el desprendimiento de amor y comprensión hacia nosotros, cuyos valores inculcados a lo largo de nuestra formación nos permitieron ser unas personas de bien.

CONTENIDO

RESUMEN	xvi
ABSTRAC	xvii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Situación Problemática.....	18
1.2. Formulación del Problema.....	22
1.3. Justificación.....	22
1.3.1. Justificación social:.....	22
1.3.2. Justificación ambiental:	23
1.3.3. Justificación técnica:.....	23
1.3.4. Justificación Económica:	23
II. HIPÓTESIS, VARIABLES Y OBJETIVOS.....	24
2.1. Formulación de la Hipótesis.....	24
2.1.1. Hipótesis General:.....	24
2.1.2. Hipótesis Específica.....	24
2.2. Variables.....	24
2.2.1. Variable independiente:	24
2.2.2. Variable dependiente:	24
2.3. Objetivos.....	25
2.3.1. Objetivo General.....	25
2.3.2. Objetivos Específicos.....	25
III. MARCO REFERENCIAL DEL PROBLEMA.....	26
3.1. Antecedentes.....	26
3.2. Bases Teóricas Científicas.....	30
3.2.1. Características Geomorfológicas e Hidrología en una Cuenca.....	30
3.2.2. Métodos Estadísticos, Matemáticos y Estocásticos para calcular caudales máximos de diseño.....	38
3.2.3. Diseño de las Características Hidráulicas de una Defensas Ribereñas.....	44
3.2.4. Definiciones de Términos Básicos.....	45
IV. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO.....	47
4.1. Ubicación de estudio.....	47
4.2. Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de Hipótesis.....	49
4.2.1. Tipo de Estudio.....	49
4.2.2. Diseño de Contrastación de Hipótesis.....	49
4.3. Población, Muestra y Muestreo.....	49

4.4.	Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.	50
4.4.1.	Métodos.....	50
4.4.2.	Técnicas:	65
4.4.3.	Programas e Instrumentos:.....	65
4.5.	Metodología.	66
4.5.1.	Recolección de Información.	67
4.5.2.	Obtención del Modelo Digital de Elevaciones DEM.	68
4.5.3.	Delimitación de la Cuenca.	70
4.5.4.	Caracterización Geomorfológica de la Cuenca.....	73
4.5.5.	Completación de Datos de Precipitación.	82
4.5.6.	Análisis Estadístico de la Información.	83
4.5.7.	Características Hidrológicas de la Cuenca.....	83
4.5.8.	Uso de Métodos Estadísticos y Empíricos.....	87
4.5.9.	Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña.....	90
V.	RESULTADOS.....	92
5.1.	Determinación de las Características geomorfológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	92
5.1.1.	Delimitación de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	92
5.1.2.	Características Geomorfológicas de la cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	92
5.2.	Características Hidrológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	99
5.2.1.	Datos de precipitación completadas.....	99
5.2.2.	Análisis estadístico de la Información.	99
5.2.3.	Polígono de Thiessen.	106
5.2.4.	Curvas de Isoyetas.	107
5.2.5.	Precipitación Media de la Cuenca Seca Angostura Cabuyal.	109
5.2.6.	Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F).....	110
5.3.	Estimación del Caudal Máximo de diseño en el Uso de Modelos estocásticos, estadísticos, matemáticos y empíricos de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.	112
5.3.1.	Método Racional Modificado.	112
5.3.2.	Método de Creager.....	113
5.3.3.	Caudales Máximos de la Cuenca Seca Angostura Cabuyal para determinados Periodos de Retorno.....	115
5.4.	Diseño de las Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña, utilizando el Caudal Máximo Estimado por los Métodos Preestablecidos en la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	116

5.4.1.	Ancho Estable	116
5.4.2.	Sección Teórica.....	117
5.4.3.	Profundidad de Socavación.....	118
VI.	DISCUSIONES.....	119
6.1.	Determinación de las Características geomorfológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	119
6.2.	Características Hidrológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.....	119
6.3.	Estimación del Caudal Máximo de diseño en el Uso de Modelos estocásticos, estadísticos, matemáticos y empíricos de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.	120
6.4.	Diseño de las Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña.	121
VII.	CONCLUSIONES	122
VIII.	RECOMENDACIONES	124
IX.	REFERENCIAS.....	125
X.	ANEXOS	128
10.1.	Valores Referenciales Para Características Geomorfológicas.....	128
10.2.	Datas Completadas de Estaciones Meteorológicas	130
10.3.	Panel Fotográfico.....	140
10.4.	Cuadro de Análisis de Aportación de la Quebrada Angostura al Rio Tumbes. ..	142
10.5.	Justificación del coeficiente de escorrentía.	143
10.6.	Planos de Polígono de Thiessen y Curvas de Isoyetas.	144

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Muestra la forma una cuenca hidrográfica delimitada	30
Figura 2. Forma de calcular la pendiente en un tramo.....	31
Figura 3. Plano del orden de las corrientes de una Cuenca Hidrográfica	33
Figura 4. Representación en plano de la cuenca expuesta en el ejemplo.	35
Figura 5. Curva Hipsométrica, resultado del ejercicio.	36
Figura 6. Cuenca Hidrográfica, se muestra sus altitudes.....	37
Figura 7. Perfil Longitudinal, resolución del Ejemplo.	37
Figura 8. Regiones Hidráulicas en el Perú.....	41
Figura 9. Coeficientes de escorrentía método racional.....	43
Figura 10. Pantalla Principal de River.	45
Figura 11. Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima.	56
Figura 12. Coeficientes de escorrentía método racional.....	58
Figura 13. <i>Regiones Hidráulicas en el Perú</i>	59
Figura 14. Valores de $1/(x+1)$, Según el Tipo de suelo.	64
Figura 15. Valores de coeficiente β	64
Figura 16. Proceso Metodológico de la Investigación. Fuente: Autores	66
Figura 17. Portal GEO GPS PERÚ.....	68
Figura 18. Ventana para descargar las cartas Nacionales en nuestro caso la 08c.....	68
Figura 19. Ventana ArcGIS 10.5 donde se Insertó las curvas de Nivel.	69
Figura 20. Creación de la Imagen TIN, usando la Herramienta de ArcGIS CREATE TIN FROM FEATURES	69
Figura 21. Obtención de la imagen DEM con la herramienta de ArcGIS 10.5 CONVERT TIN TO RASTER.	70
Figura 22. Resultado de la Herramienta Flow Direction en base al DEM	71
Figura 23. Resultado de la Herramienta Flow Accumulation.	71
Figura 24. Creacion de un puto de desfogue con la herramienta Interpolate Shape.....	72
Figura 25. Delimitación de la Cuenca Angostura Cabuyal con la herramienta Watershed...	72
Figura 26. Herramienta Open Attribute table.	73
Figura 27. Opción Add field Para crear Campo de Cálculo.	74
Figura 28. Opción calculate Geometry para calcular características Requeridas.....	74
Figura 29. Hoja de cálculo Excel para los parámetros de forma.	75
Figura 30. Herramientas Reclassify para generar área entre curvas.....	76

Figura 31. Diseño de Curvas Hipsométrica con hoja de Excel 2013.	76
Figura 32. Hoja de cálculo de Excel para Elevación Media y Altura Media.....	77
Figura 33. Perfil longitudinal en ArcGIS 10.5.....	77
Figura 34. Dibujo del Triángulo Rectángulo en AutoCAD 2018.....	78
Figura 35. Resultado de la Herramienta Slope de ArcGIS	79
Figura 36. Resultado de la herramienta Reclassify de ArcGIS.	79
Figura 37. Consulta de la información estadística sobre la imagen de pendientes.	80
Figura 38. Hoja de Excel para calcular los parámetros relativos de la cuenca.....	80
Figura 39. Calculo de Tiempo de Concentración en Excel 2013.	81
Figura 40. Orden hídrica de la Cuenca, Generada con la Herramienta Raster Calculator de ArcGIS 10.5.....	82
Figura 41. Ventana Hydrosta que contiene las diferentes Distribuciones Estadísticas.	83
Figura 42. Estaciones de la regiones Tumbes Georreferenciadas en ArcGIS 10.5.....	84
Figura 43. Uso de la herramienta Create Thiessen Polygons de ArcGIS 10.5	84
Figura 44. Creación de Mapa base a través de la herramienta Spline.	85
Figura 45. Creación de las curvas Isoyetas con la herramienta Contour	86
Figura 46. Hoja de Excel para diseñar curvas IDF.....	87
Figura 47. Hoja de Excel para el Método Racional Modificado.	88
Figura 48. Hoja de Excel para el Método de Creager.....	88
Figura 49. Hoja de Excel para calcular el caudal máximo de la Cuenca Angostura.	89
Figura 50. Pantalla River para cálculos hidráulicos de una defensa ribereña.....	90
Figura 51. Delimitación de la Cuenca Angostura Cabuyal en ArcGIS 10.5.....	92
Figura 52. Plano de Orden de la Cuenca Angostura con ArcGIS 10.5.....	93
Figura 53. Plano de Áreas parciales elaborado en ArcGIS 10.5.....	95
Figura 54. Perfil Longitudinal con ArcGIS 10.5.	97
Figura 55. Pendientes por tramos.	97
Figura 56. Triangulo Rectángulo en AutoCad 2018.....	98
Figura 57. Análisis de Distribución Normal con Hydrosta.....	102
Figura 58. Análisis de Distribución Log Normal de 3 parámetros con Hydrosta.....	102
Figura 59. Análisis de Distribución Log Normal de 2 parámetros con Hydrosta.....	103
Figura 60. Análisis de Distribución Gamma de 2 parámetros con Hydrosta.....	103
Figura 61. Análisis de Distribución Gamma de 3 parámetros con Hydrosta.....	104
Figura 62. Análisis de Distribución Log-Pearson tipo III con Hydrosta.	104
Figura 63. Análisis de Distribución Gumbel con Hydrosta.	105

Figura 64. Análisis de Distribución de Frèchet con Hidroesta.	105
Figura 65. Datos para el Diseño de las curvas (I-D-F), Procesados en Excel 2013, considerando los coeficientes de duración del Ministerio de Transportes	110
Figura 66. Calculo del Ancho Estable, diferentes métodos con el Programa River de ANA	116
Figura 67. Datos de la Sección Teórica Con Programa River del ANA	117
Figura 68. Diseño Hidráulico de Una Defensa Ribereña con el Programa River del ANA.	118
Figura 69. Valores Referencial Para Curva Hipsométrica.....	128
Figura 70. Valores Referenciales para Densidad de Drenaje.	129
Figura 71. Valores Referenciales para Pendiente del Cauce.	129
Figura 72. Cauce Perenne, Manto freática por encima del Lecho. Esto respalda el resultado de alto orden de la cuenca Angostura.	140
Figura 73. Recorrido en la cuenca Angostura Junto a Nuestro Asesor el Dr. Napoleón Puño Lecarnaquè.....	141
Figura 74. Conociendo lugar donde desemboca la Cuenca Angostura Cabuyal, Junto a Ex compañeros de la Universidad Nacional de Tumbes	141
Figura 75. Unión de las Aguas de la Quebrada Angostura con las Aguas El Rio Puyango Tumbes; donde se evidencia la diferencia del color del agua; comprobando así que estamos perdiendo agua de calidad al contaminarla con aguas que contienen metales pesados.	142

CONTENIDOS DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre la densidad de drenaje con las características del suelo.	34
Tabla 2. Información para construir la Curva Hipsométrica.	35
Tabla 3. Procedimiento en tabla para construcción de la Curva Hipsométrica.	36
Tabla 4. Información para construir la gráfica del perfil longitudinal.	37
Tabla 5. Medias esperadas y Desviaciones Estándar de Extremos Reducidos.	38
Tabla 6. <i>Valores de W en Función del Periodo de Retorno (Tr)</i>	39
Tabla 7. Tabla de Skew.	39
Tabla 8. Coeficientes y exponentes para las Regiones Hidráulicas del Perú.	41
Tabla 9. Coeficientes de Duración	57
Tabla 10 Coeficientes y exponentes para las Regiones Hidráulicas del Perú.	60
Tabla 11. Ancho estable en función del Caudal.	60
Tabla 12. Valores de K_i de acuerdo al tipo de Cauce.	61
Tabla 13. Valores de F_b y F_s En función del material.	61
Tabla 14 Programas e instrumentos Usados en la tesis	65
Tabla 15. Resultados de las características Geomorfológicas.	92
Tabla 16. Valores de la curva Hipsométrica	94
Tabla 17. Datos para el perfil Longitudinal del Cauce.	96
Tabla 18. Resultado de pendientes por tramos.	97
Tabla 19. Datos Base para diseñar el triángulo Rectángulo	98
Tabla 20. Datos del Triángulo Rectángulo.	98
Tabla 21. Resumen de Precipitaciones máximas Anuales en 24 Horas.	100
Tabla 22. Datos Ordenados de Mayor a menor precipitación.	101
Tabla 23. Estadística de la Data de Precipitaciones.	101
Tabla 24. Resumen de resultados de las distribuciones estadísticas.	106
Tabla 25. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de los Máximos Anuales en 24 horas.	106
Tabla 26. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de Enero en 24 horas.	106
Tabla 27. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de Febrero en 24 horas.	106
Tabla 28. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de Marzo en 24 horas.	107

Tabla 29. Datos de Estaciones para Diseñar Curvas Isoyetas en ArcGIS 10.5	107
Tabla 30. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de los Máximos Anuales en 24 horas.	108
Tabla 31. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Enero en 24 horas.	108
Tabla 32. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Febrero en 24 horas.	108
Tabla 33. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Marzo en 24 horas.	109
Tabla 34. Resultado de la Precipitación Media de la cuenca.....	109
Tabla 35. Diseño de Precipitaciones Máximas para periodos de Retorno con distribución Gumbel en el programa Hidroesta	110
Tabla 36. Ecuaciones de las curvas IDF.	111
Tabla 37. Datos de Intensidad para diferentes periodos de Retorno.....	112
Tabla 38. Tabla de las variables que corresponden al Método Racional Modificado	112
Tabla 39. Caudales Máximos para periodos de Retorno con el Método Racional Modificado, procesado en Excel 2013.	113
Tabla 40. Variables Requeridas.	113
Tabla 41. Datos usados en Variables del Método.....	114
Tabla 42. Caudales Máximos para periodos de Retorno con el Método de Creager, procesado en Excel 2013.....	114
Tabla 43. Caudales Máximos de la cuenca Angostura Cabuyal.	115
Tabla 44. Valores referenciales para Áreas de Cuencas.	128
Tabla 45. Valores referenciales para Factor de Forma.	128
Tabla 46. Valores referenciales para Índice de compacidad o Coeficiente de gravilius (K).	128
Tabla 47. Valores Referenciales para Elevación Media.	129
Tabla 48. Valores Referenciales para Coeficiente de Masividad.	129
Tabla 49. Valores Referenciales para Pendiente de la Cuenca.	129
Tabla 50. Datos de Precipitación de La Estación Angostura.....	130
Tabla 51. Datos de Precipitación de La Estación Cabo Inga.	131
Tabla 52. Datos de Precipitación de La Estación Chacritas.	132
Tabla 53. Datos de Precipitación de La Estación Hito Cotrina.	133
Tabla 54. Datos de Precipitación de La Estación El Caucho.....	134
Tabla 55. Datos de Precipitación de La Estación El Cóndor Flores.	135
Tabla 56. Datos de Precipitación de La Estación Matapalo	136
Tabla 57. Datos de Precipitación de La Estación Rica Playa.	137

Tabla 58. Datos de Precipitación de La Estación Hito Bocana.	138
Tabla 59. Datos de Precipitación de La Estación El Tigre.	139
Tabla 60. Análisis de Aporte de la Quebrada Angostura al Rio Tumbes con Respecto a los caudales de la Estación el Tigre.	142

CONTENIDO DE GRÁFICAS

Grafico 1. Curva Hipsométrica.	95
Grafico 2. Barras de Frecuencia de Altitudes.	96
Grafico 3. Análisis de Consistencia de las Estaciones A, B, C.	99
Grafico 4. Diagrama de Precipitaciones Anuales Máximas en 24 Horas	100
Grafico 5. Curvas de Intensidad, Duración Y Frecuencia De la Cuenca Angostura Cabuyal.	111

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue, Estimar el Caudal Máximo de Diseño con Modelos Hidrológicos Preestablecidos, para diseñar las características Hidráulicas de una obra de protección contra inundaciones (encauzamiento) en la Cuenca Angostura Cabuyal; para lo cual se usó un tipo de Estudio que corresponde a una Investigación Aplicada, ya que se llegó al cálculo del Caudal Máximo de Diseño a través de Modelos Preestablecidos, con la finalidad de dar solución al problema de inundaciones y erosión en la cuenca Angostura; bajo un diseño no experimental de corte Transversal-Descriptivo-correlacional, ya que no se necesitó un grupo de control y tampoco un grupo Experimental; pues la información analizada correspondió a un periodo de tiempo y esto conllevó a la descripción de sus variables y a ver la correlación que existe en las mismas, a través del Coeficiente de Correlación de Spearman y Coeficiente de Correlación de Pearson y las diferentes distribuciones estadísticas existentes. Usando una población constituida por el número infinito de cuencas secas presentes en la Región de Tumbes; y la muestra está constituida por la Cuenca hidrográfica Quebrada Angostura con un Área de 187.81 Km². Los Métodos para el cálculo del Caudal Máximo (m³/s) para periodo de retorno en años de (2, 5,10, 20, 25, 50, 100, 200, 500) en cuencas Secas fueron: El Método Racional Modificado El Método de Creager. Concluyéndose que: Los caudales máximos obtenidos a partir de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura cabuyal resultan del promedio de los resultados entre los métodos racional modificado y el método de Creager definido para cada periodo de retorno así como lo demuestra la tabla de resultados (Tabla 43) mediante las cuales se pudo calcular la velocidad erosiva del cauce que resulta de 3.63 m/s generando una profundidad de socavación de 2.50 m.

Palabras Claves:

Cuenca Angostura Cabuyal, Caudal Máximo, Metodo Racional Modificado, Metodo de Creager.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was, Estimate the Maximum Design Flow with Preset Hydrological Models, to design the Hydraulic characteristics of a flood protection work (channeling) in the Angostura Cabuyal Basin; for which a type of Study that corresponds to an Applied Research was used, since the calculation of the Maximum Design Flow was reached through Preset Models, with the purpose of solving the problem of flooding and erosion in the Angostura basin; under a non-experimental design of Transversal-Descriptive-correlational cutting, since a control group and an Experimental group were not needed; since the information analyzed corresponded to a period of time and this led to the description of its variables and to see the correlation that exists in them, through the Spearman Correlation Coefficient and Pearson Correlation Coefficient and the different existing statistical distributions. Using a population constituted by the infinite number of dry basins present in the Tumbes Region; and the sample is constituted by the Quebrada Angostura hydrographic basin with an area of 187.81 km². The Methods for the calculation of the Maximum Flow (m³ / s) for the return period in years of (2, 5,10, 20, 25, 50, 100, 200, 500) in Dry Basins were: The Modified Rational Method The Method from Creager. Concluding that: The maximum flow rates updated from the hydrological models in the Angostura cabuyal basin affected by the average of the results between the modified rational methods and the Creager method defined for each return period as well as the results table shows (Table 43) by means of which the erosive speed of the channel that resulted in 3.63 m / s could be calculated generating an excavation depth of 2.50 m.

Keywords:

Angostura Cabuyal Basin, Maximum Flow, Modified Rational Method, Creager Method.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Situación Problemática.

A lo largo de los años se ha podido evidenciar como las antiguas civilizaciones han ido desarrollándose en ciertas regiones del planeta, donde se acentuaban y llevaban a cabo sus actividades, usando los recursos que la naturaleza les había provisto para asegurar la supervivencia y mejorar su calidad de vida.

Bajo este contexto cabe destacar la importancia y el papel fundamental que recae sobre el agua, que a través del tiempo ha cumplido el propósito ideal para asegurar el sustento y la vida en el planeta, ya que el uso de este recurso es de carácter indispensable.

Sin embargo, en la actualidad, el recurso hídrico afronta una serie de desafíos, producto de la contaminación, que se ha visto generada por las actividades económicas y humanas que desarrolla el hombre, en su afán por mejorar su calidad de vida; por otro lado el incremento de la población, ha dado como origen un mayor consumo de agua, generando una serie de conflictos por el acceso a ella; a todo esto se le suman los riesgos periódicos que se vienen dando en distintas regiones del mundo por sequias e inundaciones que se acentúan por el inminente cambio climático. Todos estos factores atentan latentemente contra la disponibilidad de este recurso en cantidad y calidad a través del tiempo.

La realidad nos muestra que poco o nada se ha venido trabajando en ese punto, durante muchos años las obras que se han venido ejecutando en las cuencas hidrográficas, se han llevado a cabo por la imponente necesidad de mitigar y regular el comportamiento del recurso hídrico presente en la zona en mención que atentaba contra la vida y la economía de las sociedades acentuadas en las partes bajas de la cuenca,

obligando a los técnicos a tomar modelos hidrológico empíricos, basados en las características geomorfológicas de la cuenca, que se basan en simples estimaciones, lo que en algunos casos ha conllevado al colapso de algunas estructuras las cuales demandaban una gran cantidad de inversión, y la razón principal radicaba en la escasa información hidrométrica y meteorológica que no había sido tomada en consideración para el diseño y construcción de estas obras hidráulicas.

Torres (2011). Afirma: “las inversiones realizadas y por realizar en infraestructura para aprovechamiento hidráulico son muy costosas para el Estado y sin embargo carecen de un enfoque global, además tienen deficiente información hidrometeorológica”. Igualmente, las instituciones encargadas de la investigación, planificación y administración del recurso agua no han tenido prioridad para acceder a un presupuesto digno. Recalca que si bien se destacan importantes experiencias en provincias como en Carchi con el manejo de la cuenca del río El Ángel, en Tungurahua con diferentes cuencas o en Azuay con la cuenca del río Machángara, y una creciente actividad en el contexto institucional, aún no es suficiente.

En Colombia, en los últimos años, la quebrada el Diamante ha sufrido una serie de desbordes en su cauce que han afectado a la población aledaña, ocasionando una serie de pérdidas en predios, cultivos de pancoger (cultivos que satisfacen una parte de las necesidades alimentarias de una población), viviendas y animales domésticos, teniendo que realizar la reubicación temporal de las personas afectadas, por lo que se hace necesario el diseño de algún tipo de obra o proyecto para el control de crecidas. (Díaz, Guacaneme y Alonso, 2017, p. 12)

En España, el fenómeno de las sequías, ha tomado un nivel muy importante ya que de todos los países de Europa, es el país más árido, pues de todo el territorio nacional, el 75 % es altamente vulnerable a sufrir desertificación, los registro históricos muestran

que entre los años 1880 y 2000 se han calificado más de la mitad de los años como secos o muy secos, y a ello se le añade las pésimas políticas hídricas que rigen ese país y el uso desmedido del agua.

En México, la problemática de la gestión del agua, se da bajo el enfoque del escaso ordenamiento geográfico y espacial de la población.

El uso per cápita de agua en el sureste de México es siete veces mayor que la del centro, norte y noroeste del país; en segundo lugar el norte y centro del país concentra el 77 % de la población nacional, no obstante en el sur se concentra el 23 %; por último se hace mención que la capacidad productiva del país se destaca en el norte y centro de México, que representado a través de números equivale a un 83 % del producto interno bruto nacional, a pesar de que esta región del país solo dispone de un 32 % de recurso hídricos; contrariamente el sureste del país concentra el 68 % de los recursos hídricos, pero la contribución que designa al producto interno bruto es de solo el 15% , siendo imprescindible destacar que el territorio mexicano posee un total de 653 acuíferos los cuales 104 están localizados en la zona norte y centro del país, han sido sobrexplotados.

Nava (1979). Afirma: “El problema radica en la relación inversa de los factores antes mencionado: la distribución del agua, la contribución a la producción nacional y la concentración demográfica”.

En Huancayo Perú, En la sub cuenca del río Shullcas existe escasamente una estación hidrométrica y dos estaciones pluviométricas que proporcionan registros históricos inconsistentes al valle, debido a las restricciones en las técnicas de medición. En época de crecidas, meses de diciembre, enero, febrero y marzo, la oferta de agua del Shullcas excede la demanda agrícola y poblacional y es desperdiciada en procesos de infiltración e inundaciones por no determinarse un registro confiable de caudales máximos capaz

de evidenciar el potencial de regulación que tiene la sub cuenca y que no está siendo utilizado actualmente. (Cachuàn, J, 2017, p. 1).

PEBPT, (1979). Afirma: “La cuenca Seca Quebrada de la Angostura tiene una extensión de 18697 HAS; es casi métrica, con mayor extensión sobre su margen izquierda, es bastante circular como lo confirma su índice de compacidad (1.40)”. Sin embargo es escasa la información Hidrométrica que existe en esta cuenca, obstaculizando así el análisis Hidrológico la misma

En el Perú, partimos de un escenario real, en el que afrontamos la necesidad de monitorear continuamente las corrientes de agua que están provistas en las cuencas, sin embargo La realidad nos muestra que poco o nada se ha venido trabajando en ese punto, durante muchos años las obras que se han venido ejecutando en las cuencas hidrográficas, se han llevado a cabo por la imponente necesidad de mitigar y regular el comportamiento del recurso hídrico presente en la zona en mención que atentaba contra la vida y la economía de las sociedades acentuadas en las partes bajas de la cuenca, obligando a los técnicos a tomar modelos hidrológico empíricos, basados en las características geomorfológicas de la cuenca, que se basan en simples estimaciones, lo que en algunos casos ha conllevado al colapso de algunas estructuras las cuales demandaban una gran cantidad de inversión, y la razón principal radicaba en la escasa información hidrométrica y meteorológica que no había sido tomada en consideración para el diseño y construcción de estas obras hidráulicas. Gutiérrez (1979). Afirma:

“Ya Para emprender la realización de un estudio que ofrezca la posibilidad de estimar los caudales máximos, en cualquier tramo de un curso de un río, es obvio que lo deseable es contar con una amplia cantidad de registros hidrometeorológicos, de los que no se dispone en el Perú. La situación real y la que mayor se afronta es la de abordar

el tipo de estudio y la carencia de datos de descargar máximas y en los casos más favorables solo se dispone de registros cortos y poco confiables”.

1.2. Formulación del Problema.

¿La Estimación de Caudales Máximos con modelos Hidrológicos preestablecidos, permite diseñar las características hidráulicas de una defensa ribereña, adecuada en una Cuenca Seca?

1.3. Justificación.

La presente investigación se plantea porque no existe información de caudales máximos en cuencas secas o muertas que permitan optimizar y racionalizar un buen diseño de infraestructura hidráulica fluvial en los cauces de estas cuencas.

Será un aporte científico para que los proyectistas, diseñadores o instituciones públicas o privadas que diseñan, proyectan y construyen este tipo de obras en dichas cuencas tengan un referente técnico de caudal máximo apropiado y técnicamente obtenido a fin de no sub dimensionar ni sobre dimensionar las obras de infraestructura de hidráulica fluvial lo que conllevaría a obtener costos no apropiados que pondrían inclusive en riesgo la propia obra y objetivo para lo cual fue construida.

La presente investigación será de utilidad para instituciones públicas y privadas, proyectistas, diseñadores y usuarios, todos ellos gestores de las cuencas hidrográficas.

Por lo tanto la presente investigación tendrá:

1.3.1. Justificación social:

Ya que esta investigación permitirá el diseño de obras hidráulicas en las cuencas secas, esto generará puestos de trabajo y una mejor calidad de vida a cada habitante de dichas cuencas.

1.3.2. Justificación ambiental:

A través de obras hidráulicas y al sembrar especies forestales que permitan el control de la erosión, permitiría recuperar parcelas agrícolas y así ampliar la frontera agrícola.

1.3.3. Justificación técnica:

En el aspecto técnico permitirá realizar un manejo integral del recurso principal como lo es el agua, que mejoraría la calidad de vida no solo de las personas sino en todo ser vivo que subsiste de la cuenca.

1.3.4. Justificación Económica:

Al existir trabajo cada persona podrá recibir economía que permita suplir las necesidades básicas que su familia y poder tener una vida digna.

II. HIPÓTESIS, VARIABLES Y OBJETIVOS.

2.1. Formulación de la Hipótesis.

2.1.1. Hipótesis General:

La Estimación de Caudales Máximos con modelos Hidrológicos preestablecidos, permite diseñar las características Hidráulicas de una defensa ribereña, adecuadas en una Cuenca Seca.

2.1.2. Hipótesis Específica.

- A. La Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal tiene características geomorfológicas propias de una cuenca de costa.
- B. La Cuenca Seca Angostura Cabuyal tiene características Hidrológicas que permiten el cálculo del caudal máximo.
- C. Es Posible la Estimación del Caudal Máximo de diseño en la Cuenca de la Quebrada Angostura Cabuyal, mediante el uso de métodos Estadísticos, Estocásticos, Matemáticos y Empíricos.
- D. El Caudal de diseño obtenido, estimado de los modelos Estadísticos, Estocásticos, Matemáticos y Empíricos, permite el diseño de las características Hidráulicas de las Obras de protección (encauzamiento) contra inundaciones (Defensas Ribereñas), adecuadas en la Cuenca Angostura Cabuyal.

2.2. Variables.

2.2.1. Variable independiente:

Caudales Máximos de Diseño.

2.2.2. Variable dependiente:

Diseño de las Características Hidráulicas de una defensa Ribereña.

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo General.

Estimar el Caudal Máximo de Diseño con Modelos Hidrológicos Preestablecidos, para diseñar las características Hidráulicas de una obra de protección contra inundaciones (encauzamiento) en la Cuenca Angostura Cabuyal.

2.3.2. Objetivos Específicos.

- A.** Determinar las características geomorfológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.
- B.** Estimar las características hidrológicas de la cuenca Seca Angostura Cabuyal.
- C.** Estimar el caudal máximo de diseño con el uso de modelos estocásticos, estadísticos, matemáticos y empíricos.
- D.** Diseñar las Características hidráulicas de una Defensa Ribereña Utilizando el Caudal Máximo estimado por los métodos preestablecidos.

III. MARCO REFERENCIAL DEL PROBLEMA.

3.1. Antecedentes.

PEBPT, (1979). En su estudio “Características Físicas Cuenca Piloto Quebrada de la Angostura” concluyó que:

“La cuenca Quebrada de la Angostura tiene una extensión de 18697 HAS; es casi métrica, con mayor extensión sobre su margen izquierda, es bastante circular como lo confirma su índice de compacidad (1.40)”.

Soto, (2017). En su investigación “Modelamiento Hidráulico y diseño de defensas ribereñas del Río Amaju, Localidad en El parral-Jaén-Cajamarca” concluyó que:

“Para el modelamiento hidrológico se seleccionaron dos modelos de variables extremas, Gumbel y Log Normal 3 parámetros. Se planteó la hipótesis con niveles de confianza no menores del 95% esto es, con niveles de significaciones no mayores al 5%. Debido a que la muestra es pequeña con tan solo 28 años de información, por lo que la prueba de bondad de ajuste que se utilizó es la de Smirnov - Kolmogorov, con un valor de probabilidad crítica $\Delta_0=0.2499$, el cual fue mayor a las máximas desviaciones absolutas de las probabilidades simuladas y observadas pertenecientes al modelo Gumbel, $0.2010 < \Delta_0$, $0.2325 < \Delta_0$, $0.1573 < \Delta_0$ de las intensidades máximas de tormentas de duración hasta 480 min, 120 min y 30 min respectivamente. Lo que nos conduce a afirmar que se trata de una prueba altamente no significativa para el caso de intensidades con duración hasta 30 min, y no significativa para duraciones de 480 min y 120 min por tanto el modelo Gumbel describe las características de la muestra con precisión, en consecuencia se trata de un buen ajuste”.

Sandoval, (2014). En su investigación “Determinación de Caudales en Cuencas con poca información Hidrológica” concluyó que:

“El presente trabajo propone ecuaciones aplicables a cuencas con escasa información hidrométrica, para determinar los caudales; máximo, medio y mínimo, fundamentados en el equilibrio volumétrico de las masas de agua. Los caudales máximos corresponden a diferentes períodos de retorno”.

Alvarado, (2004). En su investigación “Modelación Del Proceso lluvia Escorrentía usando Sistemas de Información Geográfica”. Concluyó que:

“Los sistemas de información geográfica son herramientas útiles en la modelación hidrológica debido a la gran capacidad que tienen de manejar datos de manera espacial”.

Canllahui, (2013). En su investigación “Análisis Comparativo de métodos de estimación de Avenidas de Diseño del Rio Verde-Cabañilla-Puno” Concluyó que:

“Del análisis comparativo efectuado se establece que las avenidas de diseño estimado con métodos empíricos, Mac Math y los métodos probabilísticos Distribución Log-Pearson tipo III y distribución log Gumbel existe mucha diferencia en los resultados obtenidos, no dan resultados muy próximos a los obtenidos con el métodos empíricos Racional, Hidrograma Unitario y los métodos probabilístico distribución Normal, Log normal 2 Y 3 parámetros, distribución Gama 2 y 3, distribución, Gumbel, de resultados muy próximos pero de valores diferentes para igual periodos de retorno, quedando a criterio la selección del valor más probable el mismo que debe tener una relación con la importancia de la obra hidráulica”.

Rivera, (2007). En su investigación “Metodología para el Análisis Hidrológico de Cuencas rurales de Pequeñas dimensiones” Concluyó que:

“Observando los hidrogramas generados y los valores de las velocidades en los cauces, se identifica la problemática a resolver y, según sea el caso, elaborar un plan para reducir el tiempo de concentración con diferentes técnicas de reducción de escurrimiento desde correctas prácticas ambientales, hasta obras de protección como presas “rompe picos”. Con la intención de proteger a las poblaciones que se encuentran aguas abajo de posibles inundaciones y crecientes de los ríos, al igual que salvaguardar la cuenca de erosión, asolvamiento de cauces y barrancas, generación de cárcavas y deterioro ambiental en general”.

Cachuàn, (2017). En su investigación “Modelo Hidrológico para la Generación de Crecidas Máximas Empleando el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico en la Sub Cuenca del Río Shullcas” concluyo que:

“El modelo hidrológico del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico genera crecidas máximas en la sub cuenca del río Shullcas, obteniendo caudales máximos de 17.750, 26.432, 30.021, 38.482, 42.466 y 46.59 m³/s para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años respectivamente”.

Bermeo, León Y López (2018). En su Investigación “Estimación de los Caudales Máximos y caracterización morfométrica de la Sub cuenca del cauce en el sector Hidrodependiente del Municipio de San Francisco – Cundinamarca” concluyo que:

“Los caudales máximos obtenidos para cada uno de los tiempos de retorno, así como para cada uno de los métodos se denota que no presentan desviaciones significativas en los resultados de un método a otro, y no existiendo una estación limnimétrica en la sub cuenca hasta el municipio de San Francisco con la cual se pudiera calibrar directamente el modelo, se concluye que quedará a disposición de cada persona seleccionar un modelo específico para estimar un caudal máximo para cualquier fin necesario”.

Díaz et al. (2017). En su Investigación “Estimación de Caudales Máximos para el Sector Hidrológico de la Quebrada el Diamante, mediante Modelación con HEC-HMS” concluyo que:

“Los caudales máximos generados en el sector hidrológico de la quebrada el Diamante, son fundamentales para el diseño de estructuras que permitan la protección de los pobladores, frente a eventos de inundaciones, los cuales si se llegan a presentar y no se posee algún obra o estructura que permita su regulación, afectaría de manera negativa la calidad de vida de los mismos”.

Gobierno Regional de Tumbes, (2016). En su proyecto “Creación del Puente Cabuyal en el Centro Poblado Cabuyal del Distrito de Pampas de Hospital, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes luz = 54.86 m, donde concluyó que:

“Quebrada angostura posee Un Coeficiente de cobertura ($C=1$), una Intensidad de 8.82 mm/h, un coeficiente de Uniformidad ($K=1.52$); una Extensión en la Cuenca ($A=42.5$ Km²) y un Caudal estimado por el método Racional Modificado de 158. 3576 m³/s”.

3.2. Bases Teóricas Científicas.

3.2.1. Características Geomorfológicas e Hidrología en una Cuenca.

A. Delimitación de una cuenca.

Es la parte más importante de la caracterización de una cuenca. Esta delimitación se obtiene, al trazar una línea imaginaria sobre las divisorias de aguas en las llanuras de un cauce, la misma permite observar con claridad cual es el límite que separa a las cuencas vecinas, permitiendo así distribuir el escurrimiento a consecuencia de las precipitaciones producidas en la parte alta de dichas llanuras (Campomanes, 2015).

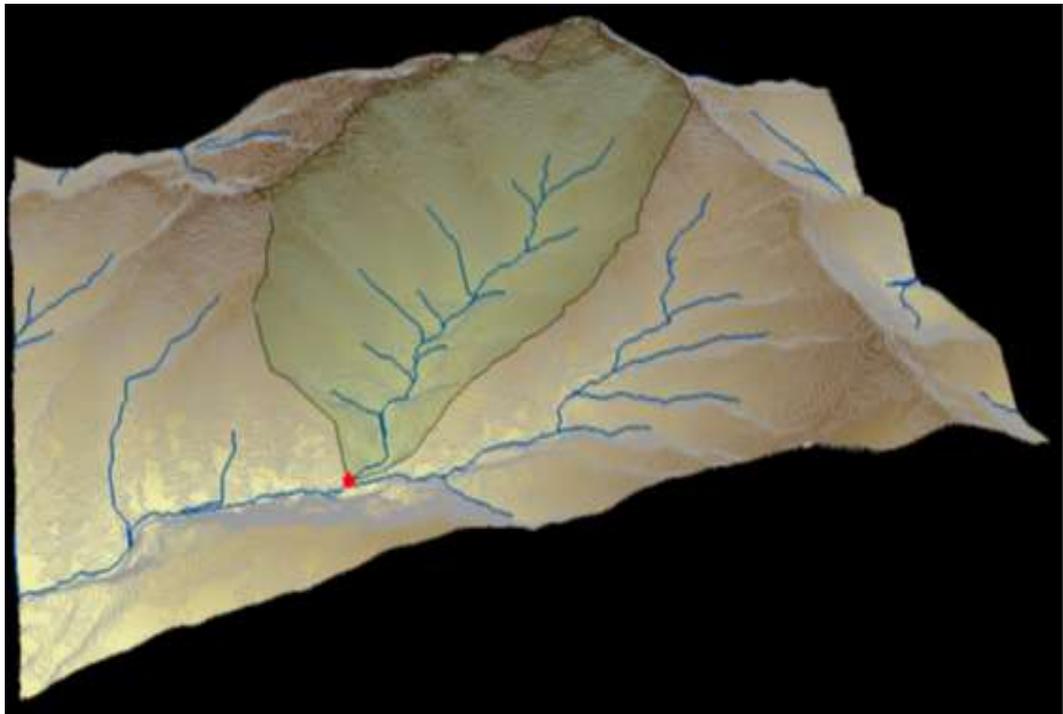


Figura 1. Muestra la forma una cuenca hidrográfica delimitada

B. Perímetro de la Cuenca (P):

Es la longitud total de los límites de la cuenca; El perímetro (P) es la longitud del límite externo de la cuenca y depende del área y la forma que tenga cuenca (Campomanes, 2015).

C. Pendiente media de una Cuenca (S):

Es el promedio ponderado entre todas las pendientes que corresponden a las áreas fundamentales en las que se pueda considerar constante a la pendiente Máxima. Esta pendiente se calcula desde tiempos antiguos al dividir el desnivel de cotas con la longitud del cauce (Campomanes, 2015). Su fórmula matemática es:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

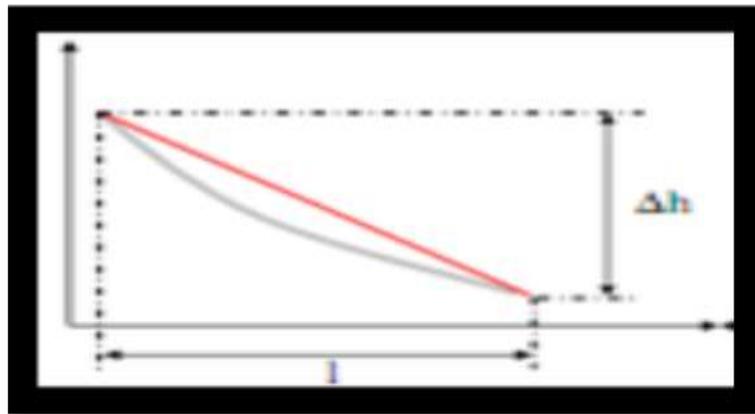


Figura 2. Forma de calcular la pendiente en un tramo.

D. Índice de Compacidad o Coeficiente de gravelius (Kc):

Campomanes (2015) afirma que este índice, es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo de la misma área.

Villón, (2002) manifiesta que este índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de la cuenca en la escorrentía, particularmente las características del hidrograma. También se le conoce como factor de forma de la cuenca, pues si $K_c=1$, la cuenca será de forma redonda, pero si K_c esta será una cuenca alargada. Haciendo un análisis matemático obtenemos lo siguiente:

$$K_c = \frac{\text{Perímetro de la cuenca (P)}}{\text{Perímetro de un Círculo de igual área al de la cuenca (P_0)}}$$

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \dots\dots\dots(1)$$

Hallando radio:

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots(3)$$

Sustituimos 3 en 1:

$$K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

E. Orden de la Cuenca.

Villon, (2002) manifiesta, que antes de enfocarnos en el orden de las corrientes que pertenecen a la cuenca, debemos conocer la clasificación de cada una de ellas, que dependen exclusivamente de el escurrimiento y condiciones climáticas de la conocida Cuenca Hidrográfica.

Estas corrientes pueden ser:

- **Corriente Efímera:** Esta corriente solo conduce agua cuando hay precipitaciones, luego se seca
- **Corriente Intermite:** Lleva agua la mayor parte del año, principalmente en épocas de precipitaciones fuertes, este aporte descende cuando el Nivel Freático o la también conocida Tabla de Agua descende por debajo del lecho del cauce
- **Corriente Perenne:** Contiene agua todo el año, ya que aun en épocas de sequía en abastecida por el Nivel Freático que se encuentra por encima del lecho del Cauce.

Por lo que llega a la conclusión, de que el orden de la cuenca, es una clasificación que nos da como resultado el grado de ramificación dentro de la cuenta. Para hacer esto debemos contar con unos planos donde estén bien definidos cada corriente o afluente ya sean Efímeras, Intermitentes o perennes.

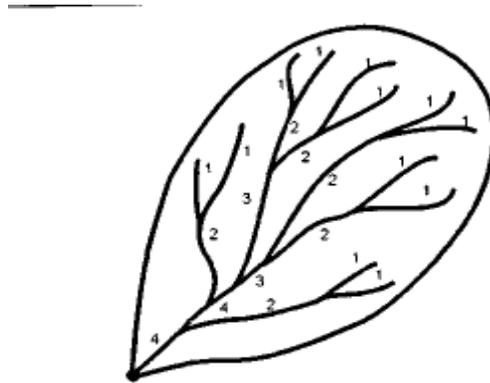


Figura 3. Plano del orden de las corrientes de una Cuenca Hidrográfica.

F. Densidad de Drenaje.

Villón, (2002) nos expresa que esta característica nos da como resultado una información real y concisa de la longitud de los afluentes por unidad de área, es decir:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje

L: longitud de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

A: Área de la cuenca en Km².

Villón, (2002) afirma: “La densidad de drenaje, indican la naturaleza y cobertura que se encuentra en una cuenca” (p. 64).

Capomanes (2015) afirma: “Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta (p. 28).

Tabla 1. Relación entre la densidad de drenaje con las características del suelo.

CARACTERÍSTICAS	DENSIDAD ALTA	DENSIDAD BAJA	OBSERVACIONES
Resistencia a la erosión.	Fácilmente erosionable	Resistente	Asociado a la formación de los cauces
Permeabilidad	Poco permeable	Muy permeable	Nivel de infiltración y escorrentía Tendiente al encharcamiento y
Topografía.	Pendientes fuertes	Llanuras	tiempos de concentración

Conocer esta relación nos permite conocer el comportamiento de la cuenca de acuerdo a estas características que posee.

G. Curva Hipsométrica.

“Es la curva que puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda por debajo de dicha altitud” (Villón, 2002, p. 34). Para realizar esta curva se siguen los siguientes pasos:

- Se marcan sub áreas de la cuenca siguiendo las curvas o también llamadas ondas de nivel, por ejemplo de 100 en 100 m.
- Con el planímetro o balanza analítica, se determinan las áreas parciales de esos contornos.
- Se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca.
- Se determina el área acumulada que queda sobre la altitud del contorno.
- Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre las altitudes.

Veamos un ejemplo: obtener la curva Hipsométrica de una cuenca, que tiene un perímetro de 142.5 Km, y las siguientes características topográficas:

Tabla 2. Información para construir la Curva Hipsométrica.

CURVAS DE NIVEL (m)	SUPERFICIE (Km ²)
700-800	6.13
800-900	45.62
900-1000	215
1000-1100	281.25
1100-1200	89.38
1200-1300	20.62

Contiene las cotas o altitudes y la superficie entre curva y curva.

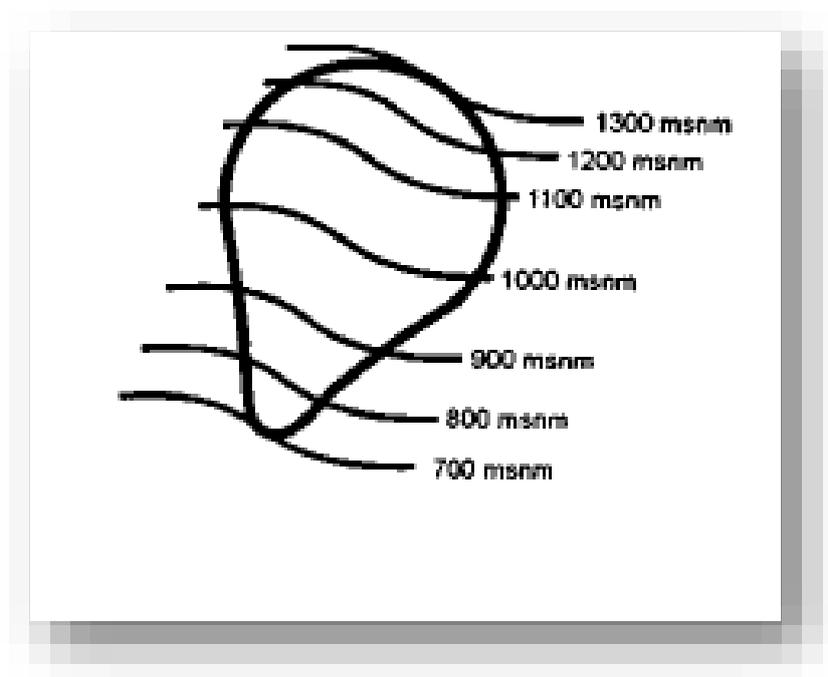
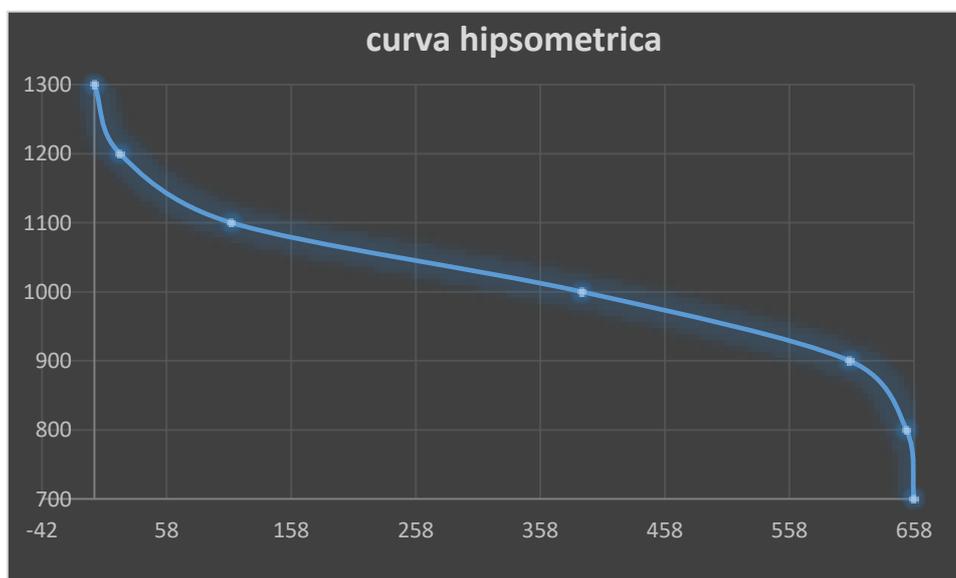


Figura 4. Representación en plano de la cuenca expuesta en el ejemplo.

Tabla 3. Procedimiento en tabla para construcción de la Curva Hipsométrica.

Altitud (msnm) (1)	Áreas parciales (Km ²) (2)	Áreas acumuladas (Km ²) (3)	Área que queda sobre la longitud (Km ²) (4)=658-(3)	% del total (5)= (2)/658*100	% del total que queda sobre la altitud (6)=((4)/658)*100
700 Punto más bajo.	0	0	658	0.0	100.0
800	6.13	6.13	651.87	0.9	99.1
900	45.62	51.75	606.25	6.9	92.1
1000	215	266.75	391.25	32.7	59.5
1100	281.25	548	110	42.7	16.7
1200	89.38	637.38	20.62	13.6	3.1
1300 Punto más alto	20.62	658	0	3.1	0.0
Suma	658			100.00	

Se plotea (4) vs (1), y se obtiene la curva Hipsométrica siguiente:

**Figura 5.** Curva Hipsométrica, resultado del ejercicio.

H. Perfil Longitudinal.

Villón (2002) refiere, que esta grafica se puede obtener al plotear la proyección Horizontal del Cauce vs su altitud o cota.

Por ejemplo:

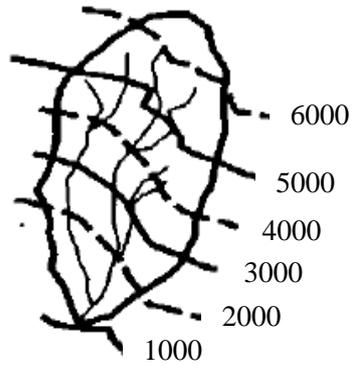


Figura 6. Cuenca Hidrográfica, se muestra sus altitudes.

Tabla 4. Información para construir la gráfica del perfil longitudinal.

LONGITUD	ALTITUD (msnm)
L1	2000
L2	3000
L3	4000
L4	5000
L5	6000

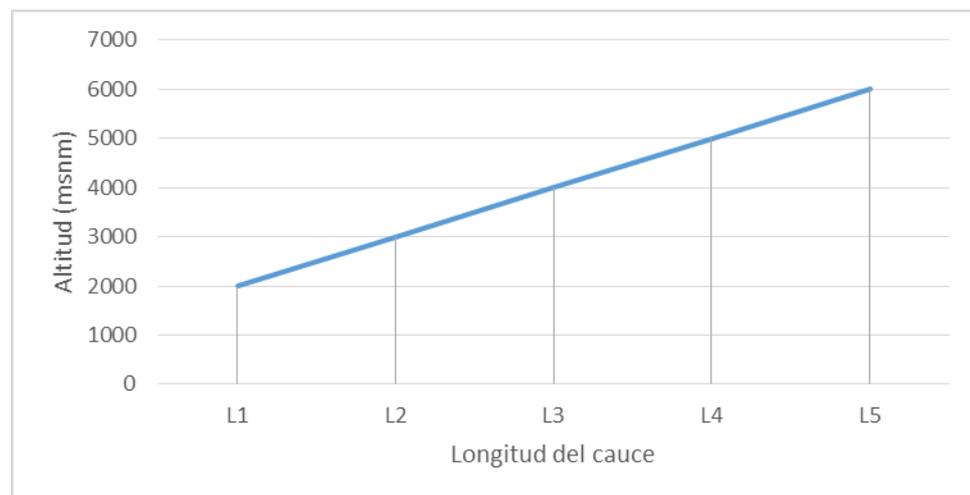


Figura 7. Perfil Longitudinal, resolución del Ejemplo.

3.2.2. Métodos Estadísticos, Matemáticos y Estocásticos para calcular caudales máximos de diseño.

A. Método Gumbel Valor Extremo

“Gumbel considera una distribución de valores extremos, permitiendo ajuntar la Distribución a través de los mínimos Cuadrados, para aplicar este modelo debemos ordenar la información de mayor a menor descarga” (Villón, 2002, p.282). El modelo para estimar caudales máximos a través de este método es el siguiente:

$$Q_{T_r} = \bar{Q} + \frac{\sigma Q}{\sigma n} (W - \bar{Y}n)$$

Donde:

Q_{T_r} : Valor de la Variable o Caudal de Diseño y predicción en un tiempo determinado.

\bar{Q} : Media de la Serie de Valore Q.

σQ : Desviación Típica de Valores Q.

W: Variable Reducida.

$\bar{Y}n$: Media de la Variable Reducida.

σn : Desviación típica de la Variable Reducida.

Tabla 5. Medias esperadas y Desviaciones Estándar de Extremos Reducidos.

N (Años)	$\bar{Y}n$	σn
10	0,4952	0,9496
12	0,5035	0,9833
15	0,5128	1,0206
20	0,5236	1,0628
30	0,5362	1,1124
40	0,5436	1,1413
50	0,5485	1,1607

Tabla 6. Valores de W en Función del Periodo de Retorno (Tr)

Tr (Años)	W
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1986
50	3,9019
100	4,6002

B. Modelo de Ley Pearson Tipo III.

Villón (2002) afirma: “Es un modelo Estocástico, que nos permite estimar el Caudal Máximo de Diseño” (p. 288). El modelo a seguir es el siguiente:

$$\log Q_{T_r} = \overline{\log Q} + K_{T_r} \sigma \log Q$$

Donde:

$$\log Q_{T_r} = \frac{\sum \log Q}{n}, \text{ logaritmo de la media, } n \text{ es el número de datos.}$$

$$\sigma \log Q = \sqrt{\frac{\sum (\log Q - \overline{\log Q})^2}{n-1}}, \text{ logaritmo de la desviación.}$$

KTr: Factor de Skew, f (tr), p. está en función del tiempo de retorno y la probabilidad de ocurrencia.

Tabla 7. Tabla de Skew.

T_r	$P = \left(\frac{1}{T_r}\right) * 100$	K_{T_r}
2	50	0,0136
5	20	0,8372
10	10	1,2724
25	4	1,7230
50	2	2,0108
100	1	2,2668
200	0,5	2,5008
1000	0,1	2,9780

Esta tabla es de suma importancia para poder procesar todos los datos que el modelo nos exige.

C. Método de Creager.

Este método fue originalmente planteado por Creager, se adaptó al territorio Peruano gracias a los Hidráulicos Wolfgang Trau y Raúl Gutiérrez Yrigoyen. La aplicación de este Método, nos permite estimar el caudal diario para Cuencas sin información Hidrológica, para diferentes periodos de retorno, siendo sus principal parámetro de más influencia el Área de la Cuenca (Naranjo, 2011).

La Fórmula empleada es la siguiente:

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

Donde:

Qmax: caudal máximo para un periodo de retorno T seleccionado, en m³/s.

A: área de la cuenca aportante, en km².

T: periodo de retorno, en años.

C1, C2: coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

m, n: exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.

Naranjo (2011) refiere que como información complementaria, los autores de este método afirman que el Perú está dividido en 7 Regiones Hidráulicas como lo observamos en la siguiente figura.



Figura 8. Regiones Hidráulicas en el Perú

Tabla 8. Coeficientes y exponentes para las Regiones Hidráulicas del Perú.

REGIÓN	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.1	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Naranjo (2011) refiere que, pese a su simplicidad, este método es bastante preciso.

D. Método Racional Modificado

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (T_c) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0,278 CIAK$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km²)

K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

➤ Tiempo de Concentración (T_c):

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

➤ Coeficiente de Uniformidad (K):

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

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)

- Intensidad de Precipitación (I): se obtiene a través de las curvas IDF
- Coeficiente de Escorrentía: se obtiene en la siguiente tabla:

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Figura 9. Coeficientes de escorrentía método racional.

E. Fórmulas Empíricas.

De este tipo de expresiones se obtienen valores máximos de caudal para avenidas (caudales punta) que pueden dar una idea orientativa de la magnitud que puede llegar a alcanzar el flujo a la salida de la cuenca en estudio, cuando se produzcan eventos extraordinarios de precipitación.

Las fórmulas más sencillas utilizadas con tal finalidad, tienen en cuenta solo la superficie de la cuenca, ignorando otras características importantes como son la vegetación y la morfología. (Raudkivi, 1979, p.32).

- Fórmula de Dikens:

$$Q = 6.9 * A^{\frac{3}{4}}$$

Donde:

Q: Caudal máximo o punta de la crecida en m³/s.

A: superficie de la cuenca en Km²

- Fórmula de Manning:

$$Q = 2.5 * A^{\frac{5}{6}}$$

Donde:

Q: Caudal máximo o punta de la crecida en m³/s.

A: superficie de la cuenca en Km²

- Fórmula de Ganguiller:

$$Q = \frac{25 * A}{5 + \sqrt{A}}$$

Donde:

Q: Caudal máximo o punta de la crecida en m³/s.

A: superficie de la cuenca en Km².

3.2.3. Diseño de las Características Hidráulicas de una Defensas Ribereñas.

Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos, contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y la socavación que ejerce el río, debido al régimen de precipitaciones abundantes sobre todo en época de invierno, ya que son causantes de la desestabilización del talud inferior y de la plataforma de la carretera. Estas obras se colocan en puntos localizados, especialmente para proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación, estas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras. (Alvarado Y Henríquez, 2014, p. 43)

A. Diseño a través del Software River.

Alvarado Y Henríquez (2014) afirman. “El programa River fue elaborado por el ingeniero Emilse Benavides C., profesional especialista de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Agricultura” (p. 65).

Este programa está dirigido a los profesionales e instituciones que están involucrados en obras de protección de cauces o defensas ribereñas.

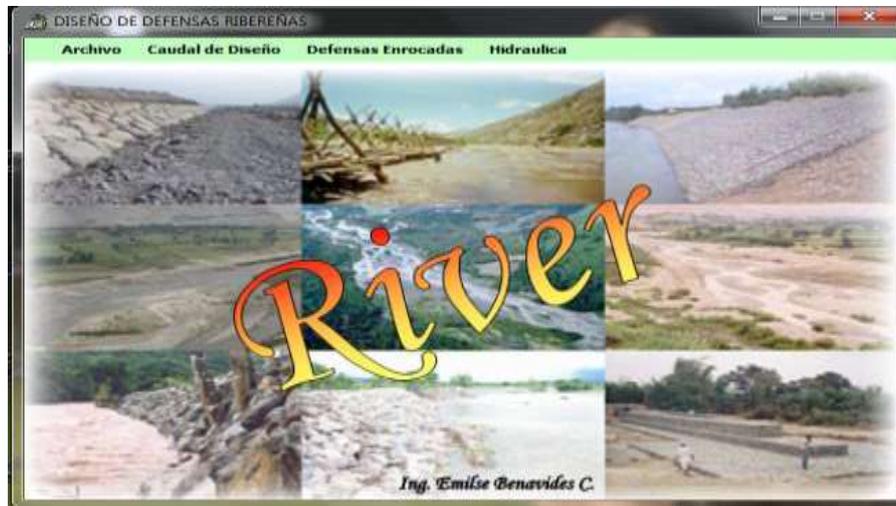


Figura 10. Pantalla Principal de River.

River contiene las siguientes pestañas para calcular lo siguiente:

- Caudal de Diseño.
 - Métodos Estadísticos.
 - Métodos Estocásticos.
 - Caudal Instantáneo.
- Defensas Enrocadas.
 - Laterales.
 - Espigones.
- Hidráulica.
 - Diseño de Canales.

3.2.4. Definiciones de Términos Básicos.

A. Hidrología.

“Es la ciencia natural que estudia el agua en la tierra, su distribución, propiedades físicas y químicas, sus movimientos y transformaciones; así como

su relación con el medio ambiente y con los seres vivos” (Campomanes, 2015, p. 2).

B. Hidráulica Fluvial.

Ciencia que estudia el comportamiento de los Cauces, permitiéndonos estimar o predecir la relación y cambios de los mismos ante la intervención del hombre en cada una de las características de dichos cauces (Leopold, 2012).

C. Caudal Máximo.

W.M.O, (2012) refiere que un Caudal Máximo es la elevación, habitualmente veloz, del nivel del recurso hídrico en un cauce fluvial, hasta un punto máximo a partir de donde esta velocidad disminuye.

D. Delimitación de Una Cuenca.

Campomanes, (2015) refiere que es la parte más importante de la caracterización de una cuenca. Esta delimitación se obtiene, al trazar una línea imaginaria sobre las divisorias de aguas en las llanuras de un cauce, la misma permite observar con claridad cual es el límite que separa a las cuencas vecinas, permitiendo así distribuir el escurrimiento a consecuencia de las precipitaciones producidas en la parte alta de dichas llanuras.

E. Cuenca Hidrográfica.

Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal. (Vásquez, 2016, p. 15)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO.

4.1. Ubicación de estudio.

La cuenca de la quebrada Angostura-Cabuyal se encuentra ubicada en el Distrito de Pampas de Hospital de la provincia de Tumbes, departamento de Tumbes; El Distrito de PAMPAS DE HOSPITAL es uno de los seis (06) Distritos que conforman la Provincia de TUMBES, Ubicado en el Departamento de Tumbes, en el norte del PERÚ. Limita por el Norte con el Distrito de San Juan de la Virgen; por el Sur con la Republica del ECUADOR; por el Este con la Provincia de Zarumilla y por el Oeste con el Distrito de San Jacinto.

Así mismo el Distrito de Pampas de Hospital, cuenta con los siguientes Centros Poblados: (Cruz Blanca; Cabuyal y El Limón); con los siguientes Caseríos: (Cabeza de Lagarto, Peña Blanca, Bigotes, Santa María, Cardalitos, Chacritas, Belén, El Rodeo, Becerra, Pueblo Nuevo, La Angostura, El prado, El Naranjo, El Zapallal, El Higuerón), conforme a su geografía. De ellos seis pertenecen a la Cuenca de la Quebrada Angostura; definidos de la siguiente manera: por la margen derecha de la Quebrada o cauce principal está ubicado El Centro Poblado de Cabuyal y el Caserío de Becerra; por la margen izquierda del cauce se ubican, El Centro Poblado El Limon, El Caserío del prado, el Caserío del Rodeo, El Caserío de Pueblo Nuevo y El Casorio de Angostura. Este cauce inicia a una altura de 800 msnm y desemboca en el Río Tumbes a una altura de 27 msnm. Su ubicación geográfica de dicha Cuenca se muestra representada en el siguiente mapa creado por los investigadores de esta tesis.

Mapa de ubicación

4.2. Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de Hipótesis.

4.2.1. Tipo de Estudio.

El tipo de estudio corresponde a una Investigación Aplicada, ya que se llegó al cálculo del Caudal Máximo de Diseño a través de Modelos Preestablecidos, con la finalidad de dar solución al problema de inundaciones y erosión en la cuenca Angostura.

4.2.2. Diseño de Contrastación de Hipótesis.

La investigación corresponde a un diseño no experimental de corte Transversal-Descriptivo-correlacional, ya que no necesitó un grupo de control y tampoco un grupo Experimental; pues la información analizada correspondió a un periodo de tiempo y esto conllevó a la descripción de sus variables y a ver la correlación que existe en las mismas, a través del Coeficiente de Correlación de Spearman y Coeficiente de Correlación de Pearson, usando las diferentes Distribuciones estadísticas Preestablecidas.

4.3. Población, Muestra y Muestreo.

La población está constituida por el número infinito de cuencas secas presentes en la Región de Tumbes; y la muestra está constituida por la Cuenca hidrográfica Quebrada Angostura, siendo así un muestreo no probabilístico Intencional, pues está bajo responsabilidad de los investigadores.

4.4. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.

4.4.1. Métodos.

A. Para las Características Geomorfológicas.

En este bloque se calculó tres parámetros importantes en las Características Geomorfológicas de la cuenca Angostura Cabuyal los cuales son:

- Parámetros de Forma de la cuenca angostura.

- Área de la Cuenca.

Se calculó con imágenes espaciales mediante la delimitación del ArcGIS

- Perímetro de la Cuenca

Se calculó con imágenes espaciales mediante la delimitación del ArcGIS

- Factor de Forma:
$$F = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca Km²

L: Longitud de Máximo Recorrido Km

- Índice de compacidad o Coeficiente de gravilius (K):

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

Donde:

P: Perímetro de la cuenca en metros

A: Área de la cuenca Km²

- Parámetros de Relieve de la cuenca angostura.

- Curva Hipsometrica y Frecuencia de Altitudes.

- Elevación Media:
$$Em = \frac{\sum a \times e}{A}$$

Donde:

a: Área entre dos contornos

e: Elevación media entre contornos

A: Área total de la Cuenca

➤ Altura Media:
$$H = E_m - H_0$$

Donde:

E_m : Elevación Media

H_0 : Cota de aforo.

➤ Perfil longitudinal de la Quebrada Angostura.

➤ Rectángulo Equivalente.

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Donde:

A: Área de la Cuenca (Km^2)

K: Coeficiente de gravelius

L: Lado mayor de Rectángulo (Km)

l: Lado menor del Rectángulo (Km)

➤ Índice de Pendiente:

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{B_i(a_i - a_{i-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Donde:

n = Numero de curvas en el rectángulo equivalente incluido los extremos.

a_i = Cotas de las n curvas de nivel consideradas (Km).

β_i = Fracción de la superficie total de una cuenca comprendida entre a_i -(a_i -1).

L = Longitud del lado mayor rectángulo mayor del rectángulo equivalente (Km).

➤ Pendiente de la Cuenca.

➤ Parámetros relativos a la red hidrográfica.

➤ Coeficiente de Masividad:

$$T = \frac{H}{A}$$

Donde:

H: Altura Media (Km)

A: Área de la Cuenca (Km²)

➤ Densidad de Drenaje: $D = \frac{L_c}{A}$

Donde:

L_c : Sumatoria de Longitudes de Todos los cauces en la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca (Km²)

➤ Pendiente del Cauce: Método de Taylor y Schwarz

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L_i^2}{S_i}\right)^{.5}} \right]^2$$

Donde:

L_i : Longitud del Tramo i

S_i : Pendiente del Tramo i

➤ Orden de la Cuenca.

B. Para el Cálculo de las Características Hidrológicas

En este bloque se calculó dos parámetros hidrológicos muy importantes, los cuales son: Precipitación media, curvas de Intensidad duración y frecuencia (IDF).

➤ Precipitación de la Cuenca.

➤ Recuperación de datos:

Para recuperar datos de estaciones incompletas se usaron dos métodos; el método de los promedios y el método de la recta de Regresión, cuyas formulas son las siguientes (Villón, 2002).

- Método de los Promedios.

$$Y = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}X$$

Donde:

Y: Dato faltante.

X: Dato de la Estación base que coincide con el año del dato faltante.

\bar{Y} : Promedio de los datos pares de la Estación incompleta.

\bar{X} : Promedio de los datos pares de la Estación Base.

- Método de Recta de Regresión.

$$Y = a + bX$$

$$b = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma^2_X}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$a = \bar{Y} - \frac{\sigma_{XY}}{\sigma^2_X}\bar{X}$$

Donde:

Y: Dato faltante

a y b: Coeficientes de la regresión

\bar{Y} : Promedio de datos pares de la data de Estación incompleta.

X: Promedio de datos pares de la data de Estación completa o data base.

σ_{XY} : Covarianza de datos pares de ambas estaciones.

σ^2_X : Varianza de los datos de la Estación base.

Para ambos métodos primero se evalúa el coeficiente de determinación (R^2) si es mayor de 0.7 se procede a realizar los métodos y si es lo contrario, estos métodos no serían aplicados para las datas.

➤ Precipitación Media:

Usando los datos de precipitación de las Estaciones del SENAMHI y del Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (Pebpt) pero con los datos completados, se calculó la precipitación media a través de los metodos de Polígono de Thiessen y Curvas de Isoyetas generadas a través del programa ArcGIS.

- Método de Polígono de Thiessen

Villón (2002) Afirma: “Para este método, es necesario conocer la localización de las Estaciones en la Zona bajo Estudio, a que su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones” (p.78). Usamos la siguiente fórmula:

$$P_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A_T}$$

Donde:

P_{med} : Precipitación media

A_i : Área de Influencia Parcial del Polígono de

Thiessen.correspondiente a la Estación i.

P_i : Precipitación de la Estación i.

n : Número de Estaciones.

A_T : Área Total de la Cuenca

- Método de Isoyetas:

illón (2002) Afirma: “Para este Método, se necesita un plano de Isoyetas de la Precipitación registrada, en las diversas estaciones de la Zona en Estudio” (p.80). Usamos la siguiente formula:

$$P_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} A_i}{A_T}$$

Donde:

P_{med} : Precipitación media

A_i : Área Parcial comprendida entre las isoyetas P_{i-1} y P_i

P_i : Altura de Precipitación de las Isoyetas i.

n : Número de Áreas Parciales.

A_T : Área Total de la Cuenca

➤ Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia

Estas curvas nos ayudan a obtener la Intensidad de la lluvia que utilizaremos en el método racional modificado para calcular el Caudal Máximo. Ministerio de transportes (2019) afirma:

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la

frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno. (p.27)

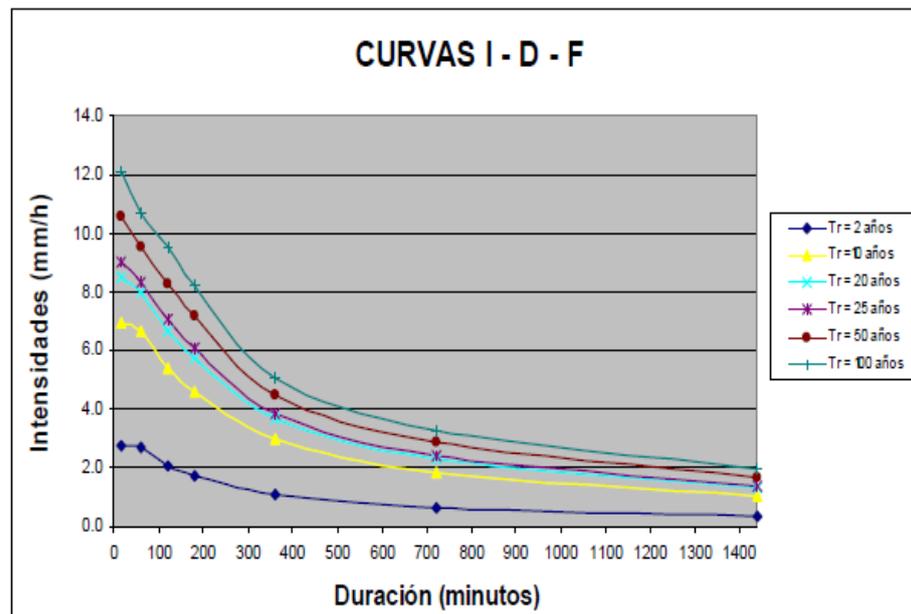


Figura 11. Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima.

En el Perú contamos con escasa información pluviográfica, y esto es una dificultad para elaborar dichas curvas. Habitualmente se diseñan en base a precipitaciones máximas en 24 horas, estimado la intensidad al multiplicar la precipitación máxima en 24 hora por un coeficiente de Duración, dichos coeficientes los mostramos en la Tabla 9 usados cuando no se disponga mejor información (Ministerio de Transportes, 2019).

Para calcular la intensidad:

$$I = \frac{P * C}{D}$$

Donde:

I: Intensidad para un periodo de Retorno Tr en (mm/h).

P: Precipitación para un periodo de Retorno (Tr) en mm.

C: coeficiente de Duración

D: Duración en Horas

Tabla 9. Coeficientes de Duración

Duración de Precipitación en Horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
14	1.00
48	1.32

Fuente: Ministerio de Transportes. (2019). Manual de Hidrología, Hidráulica Y

Drenaje

C. Para el Cálculo del Caudal Máximo.

Los siguientes métodos nos permitirán Estimar el caudal Máximo:

- Método Racional Modificado.

$$Q = 0,278 CIAK$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km²)

K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

➤ Tiempo de Concentración (T_c):

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

➤ Coeficiente de Uniformidad (K):

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

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)

➤ Intensidad de Precipitación (I): se obtiene a través de las curvas

IDF Coeficiente de Escorrentía: se obtiene en la siguiente tabla:

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA > 50%	ALTA > 20%	MEDIA > 5%	SUAVE > 1%	DESPRECIABLE < 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Figura 12. Coeficientes de escorrentía método racional.

➤ Método de Creager.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} : caudal máximo para un periodo de retorno T seleccionado, en m^3/s .

A: área de la cuenca aportante, en km^2 .

T: periodo de retorno, en años.

C_1, C_2 : coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

m, n: exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.

Naranjo (2011) refiere que como información complementaria, los autores de este método afirman que el Perú está dividido en 7 Regiones Hidráulicas como lo observamos en la siguiente figura.



Figura 13. Regiones Hidráulicas en el Perú

Tabla 10 Coeficientes y exponentes para las Regiones Hidráulicas del Perú.

REGIÓN	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.1	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Cabe señalar que Tumbes está ubicada en la Primera Región Hidráulica por ende Utilizaremos los valores C1; C2; m y n de dicha Región para el caso de la Quebrada Angostura que corresponde a la Región Tumbes.

D. Para el Diseño de Características Hidráulicas de un Encauzamiento:

- Ancho Estable.
- En función Directo del Caudal.

Tabla 11. Ancho estable en función del Caudal.

$Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$	Ancho Estable (B)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

- Método de Petits.

$$B = 4,44 * Q^{0.5}$$

Donde:

Q: En m³/s

B: en metros.

- Método de Simons y Henderson.

$$B = K_i * Q^{\frac{1}{2}}$$

Tabla 12. Valores de K_i de acuerdo al tipo de Cauce.

Tipo de Cauce	K_i
Fondo y Orilla de Arena.	5,70
Fondo de arena Orillas de Material Cohesivo.	4,20
Fondo y Orilla de Material Cohesivo.	3,60
Fondo y orilla de Grava.	2,90
Fondo de arena Orilla de Material no Cohesivo.	2,80

➤ Método de Blench y Altunin.

$$B = 1,81 * \left(Q * \frac{F_b}{F_s} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

F_b : Factor de Fondo.

F_s : Factor de Orilla.

Tabla 13. Valores de F_b y F_s En función del material.

Material	F_b y F_s
Materiales Finos ($D_m < 0,5$ mm)	F_b : 0,8
Materiales Gruesos ($D_m > 0,5$ mm)	F_b : 1,2
Material Suelto	F_s : 0,10
Material Ligeramente Cohesivo	F_s : 0,20

➤ Sección Teórica del Cauce.

Afirma: para una sección típica de un cauce, se calcula el tirante (Y), ancho (T), área (A), perímetro, velocidad y N° Fraude; mediante el método de Manning y Strickler (Alfaro, 2011)

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Y = \frac{Q}{\left(\frac{1}{n} * B * S^{0.5} \right)^{\frac{3}{5}}}$$

$$F = \frac{V}{\left(g * \frac{A}{T} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

V: velocidad en m/s,

n: coeficiente de rugosidad,

R: radio hidráulico,

S: pendiente

Y: tirante hidráulico,

Q: caudal en m³/s,

B, T: ancho medio de la sección estable

g: Gravedad

A: área mojada (m²)

➤ Profundidad de Socavación del Cauce

El método de LL. List Van Levediev se puede usar para el cálculo de la socavación. Este método está basado para cauces naturales definidos, donde la erosión de fondo se detendrá cuando se llegue a un equilibrio entre la velocidad media y la velocidad erosiva. (Alfaro, 2011, p.19)

Para suelos no cohesivos la expresión considerada es:

$$t_s = \left[\frac{\theta * t^{\frac{5}{3}}}{0.60 * w^{1.18} * \beta} \right]^{\frac{1}{X+1}}$$

Para suelos cohesivos la expresión considerada es:

$$t_s = \left[\frac{\theta * t^{\frac{5}{3}}}{0.68 * w^{0.28} * \beta} \right]^{\frac{1}{X+1}}$$

Para calcular θ :

$$\theta = \frac{Q}{t^{\frac{5}{3}} * B * \mu}$$

Para calcular μ :

$$\mu = 1 - 0.387 \frac{V}{B}$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

t = tirante hidráulico (m)

w = peso específico del suelo (Tn/m³)

β = Coeficiente por tiempo de retorno, ver tabla para determinar los valores Figura 15

t_s = tirante de socavación

B = Ancho del cauce (m)

μ = coeficiente de contracción

x = valor de tabla

1/(x + 1) = valor de tabla (Figura 14)

V = Velocidad

Tablas a usadas para β y $1/(XX+1)$:

Cuadro 4. SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m3) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Suelos Cohesivos (1)			Suelos No Cohesivos (2)		
Peso específico Tn/m3	x	1/(x+1)	D (mm)	x	1/(x+1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Figura 14. Valores de $1/(x+1)$, Según el Tipo de suelo.

Cuadro 5. Valores del Coeficiente β		
$\beta = 0.6416 + 0.03342 \ln (T)$		
$15 \leq T \leq 1500$		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07

Figura 15. Valores de coeficiente β .

4.4.2. Técnicas:

Las técnicas a usar serán la técnica de la observación y análisis de información primaria y secundaria de la cuenca hidrográfica Quebrada Angostura Cabuyal.

4.4.3. Programas e Instrumentos:

Tabla 14 Programas e instrumentos Usados en la tesis

PROGRAMAS	
Programa	Uso
ArcGIS 10.5	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar la Cuenca • Extraer datos para el cálculo de los parámetros de Forma de la cuenca angostura. • Extraer datos para el cálculo de los parámetros de Relieve de la cuenca angostura. • Extraer datos para el cálculo de los parámetros de Forma de la cuenca angostura. • Extraer datos para el cálculo Parámetros relativos a la red hidrográfica. • Elaboración de mapas (Ubicación, Delimitación, polígono Thiesen, Isoyetas, etc)
Excel 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de información obtenida de ArcGIS 10.5 • Procesar datas de precipitaciones Históricas. • Diseño de Curvas características de la Cuenca (IDF, Hipsométricas, etc). • Estimación del Caudal máximo
Hidroesta	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento estadístico de las diferentes Datas Históricas Usadas para estimar el Caudal Máximo de Diseño. • Validación de las Datas Históricas.
INSTRUMENTOS	
Instrumento	Uso
Laptop	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento y almacenamiento de toda la Información requerida en este trabajo de investigación.

4.5. Metodología.

A continuación, plasmamos la siguiente Metodología a través del siguiente esquema:

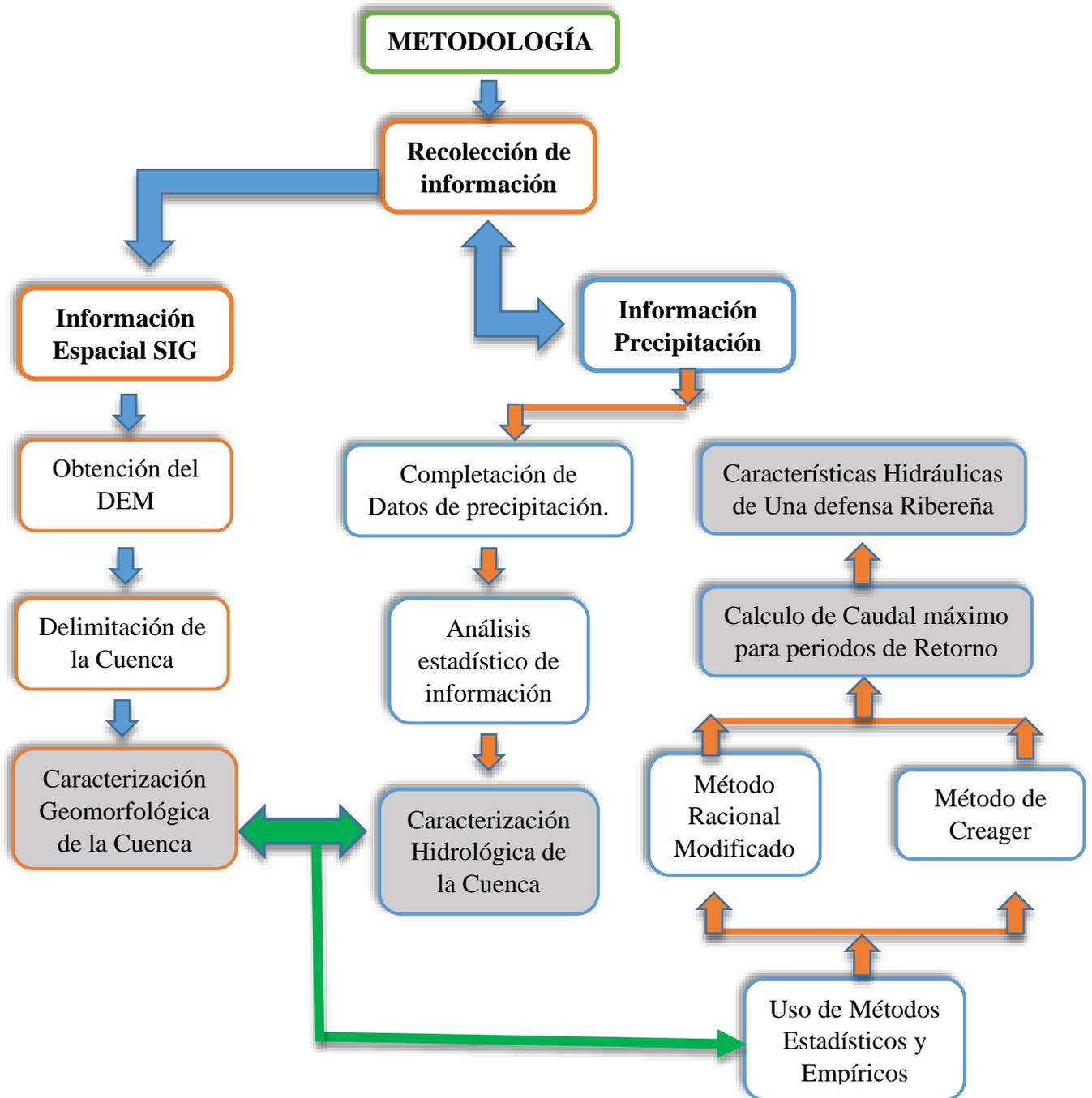


Figura 16. Proceso Metodológico de la Investigación. Fuente: Autores

4.5.1. Recolección de Información.

Uno de los primeros pasos fue descargar la escasa información hidrológica que existe en el portal del SENAMHI referente a las estaciones: Angostura (1993-1996), Cabo Inga (2012-2016), Chacritas (1994-1996), Hito Cotrina (1993-1996), El Caucho (1993-1996), El Condor Flores (1994-1996), Matapalo (2014-2016), Rica Playa (2013-2016), Hito Bocana (1975-1981). Y solicitar al Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT) la Información de precipitación de la Estación El tigre (1964-2016). El objeto de esta información fue las características Hidrológicas de la Cuenca.

Por otra parte se obtuvo información Espacial y de cartas Nacionales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del GEO GPS PERÚ, cuya finalidad fue obtener la delimitación de la cuenca y las características Geomorfológicas de la misma.

También se revisó diferente bibliografía con la finalidad de encontrar estudios en dicha cuenca, sin embargo dicha información es completamente escasa.

4.5.2. Obtención del Modelo Digital de Elevaciones DEM.

El primer paso para obtener el DEM es obtener las cartas nacionales que contienen las Curvas de nivel de la zona en estudio del portal del GEO GPS PERÚ “Figura 17”. Luego descargamos la carta 08c, donde está ubicada nuestra zona de estudio Imagen 18



Figura 17. Portal GEO GPS PERÚ

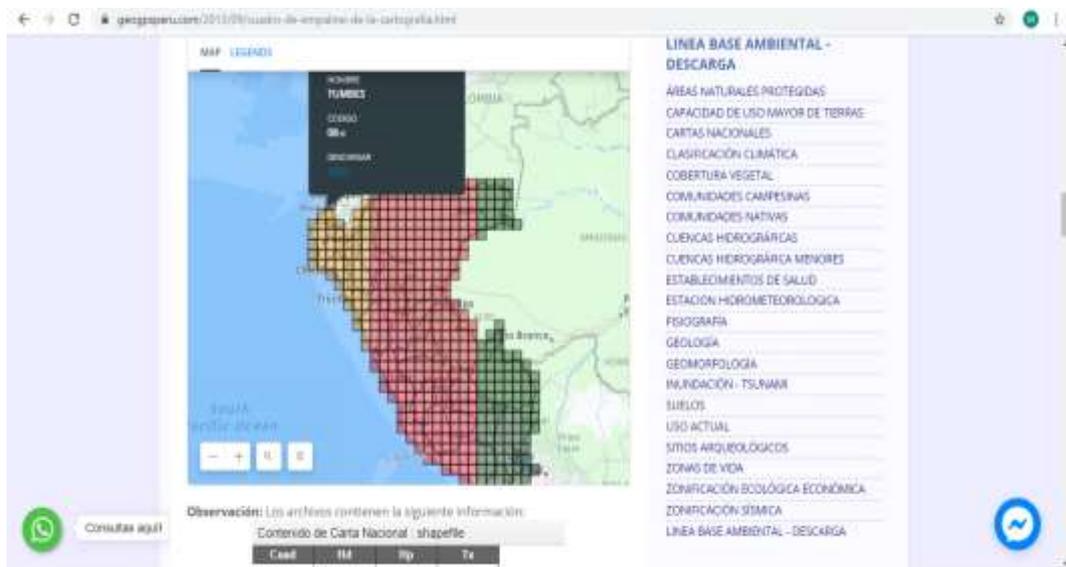


Figura 18. Ventana para descargar las cartas Nacionales en nuestro caso la 08c.

Una vez obtenida esa información se insertar estas curvas en el programa ArcGIS 10.5 como se muestra en la Figura 19

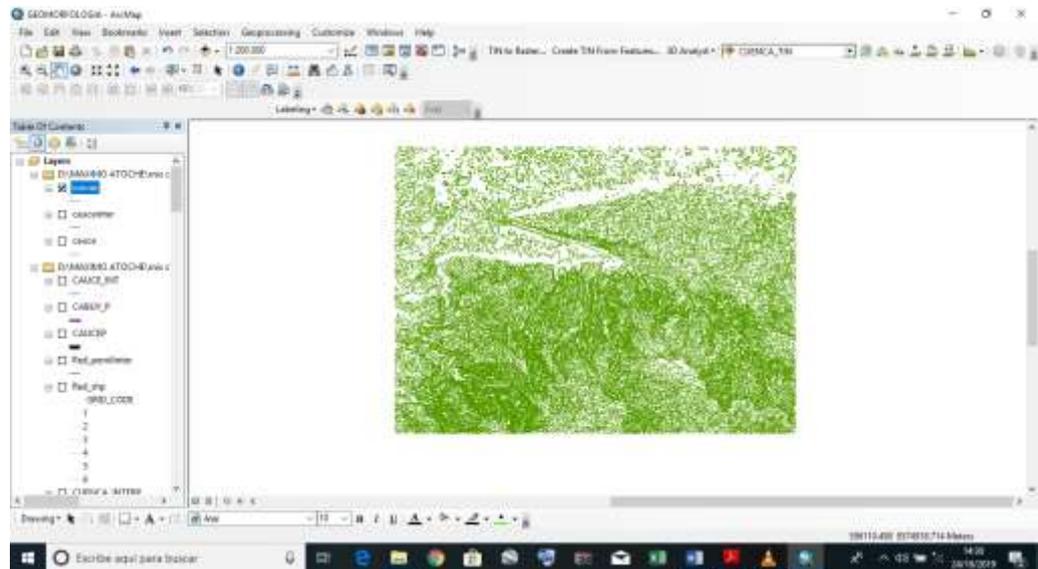


Figura 19. Ventana ArcGIS 10.5 donde se Insertó las curvas de Nivel.

Luego convertimos estas curvas a una imagen TIN con la herramienta CREATE TIN FROM FEATURES Figura 20

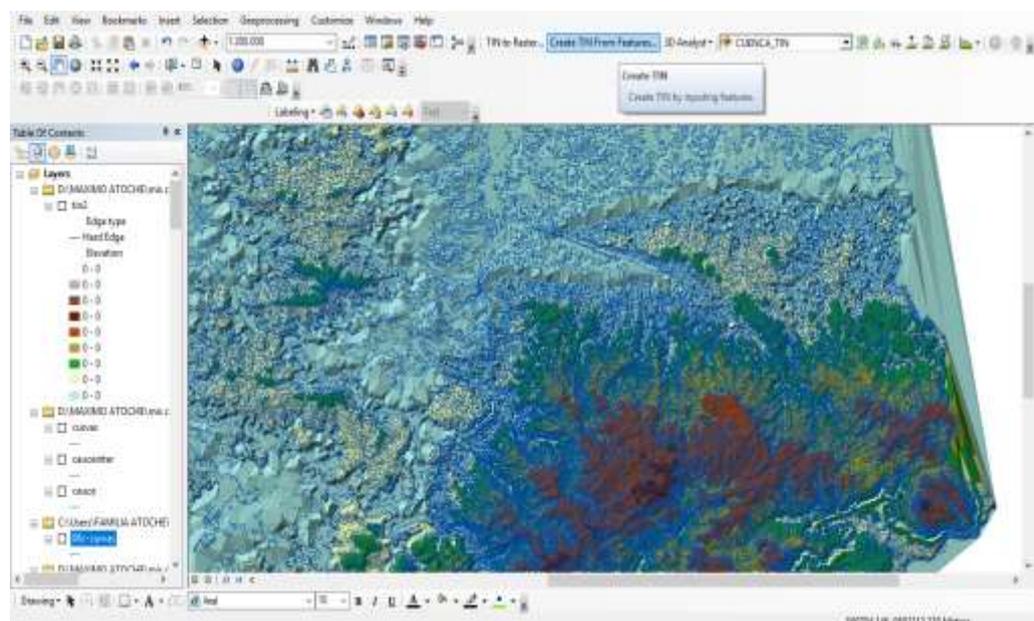


Figura 20. Creación de la Imagen TIN, usando la Herramienta de ArcGIS CREATE TIN FROM FEATURES

El último paso es convertir esta imagen TIN a una ima Raster de Modelo Digital de Elevaciones (DEM), con la herramienta del ArcGIS 10.5 “CONVERT TIN TO RASTER” Como se muestra en la Figura N °21.

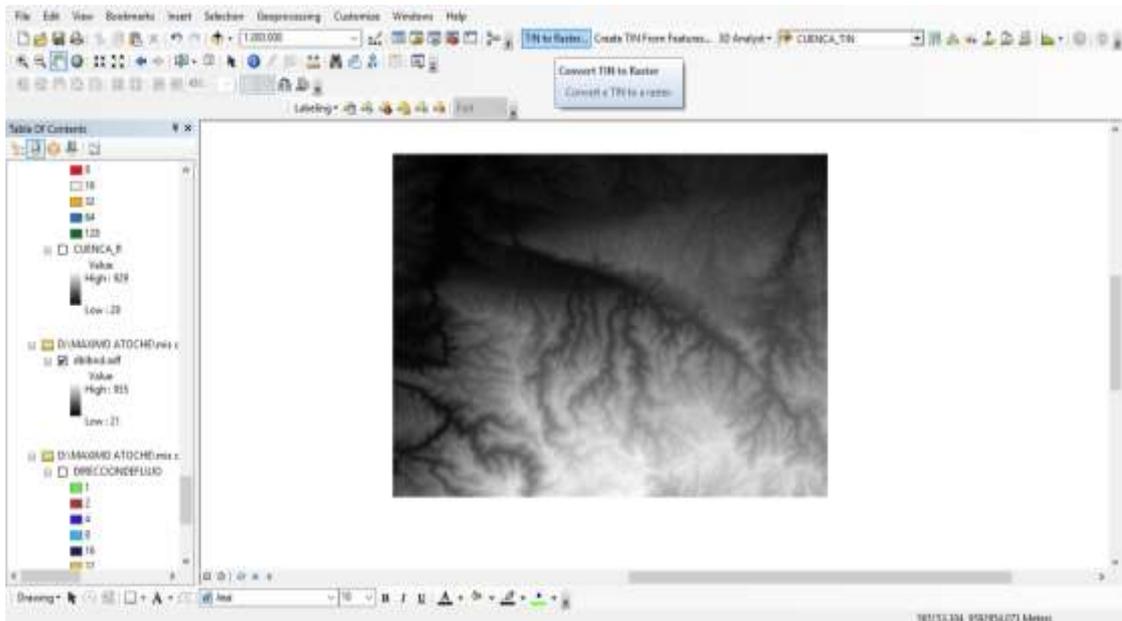


Figura 21. Obtención de la imagen DEM con la herramienta de ArcGIS 10.5 *CONVERT TIN TO RASTER*.

4.5.3. Delimitación de la Cuenca.

Para la delimitación de la cuenca, se trabajó con los diferentes procesos y herramientas que nos brinda el programa arcGIS 10.5, en base al Modelo Digital de Elevaciones que se obtuvo antes. Las herramientas que se usaron fueron:

- Arc Toolbox
 - Spatial Analyst Tools (Herramientas de análisis espacial)
 - Hydrology (Hidrología)
 - Flow Direction (Dirección del flujo): Figura 22
 - Flow Accumulation (Acumulación de flujo): Figura 23
- 3D Analyst Tools (Herramientas de analista 3D)
- Functional Surface (Superficie funcional)

- Interpolate Shape (Forma interpolada): Figura 24
- Spatial Analyst Tools (Herramientas de análisis espacial)
 - Hydrology (Hidrología)
 - Watershed (Cuenca): Figura 25

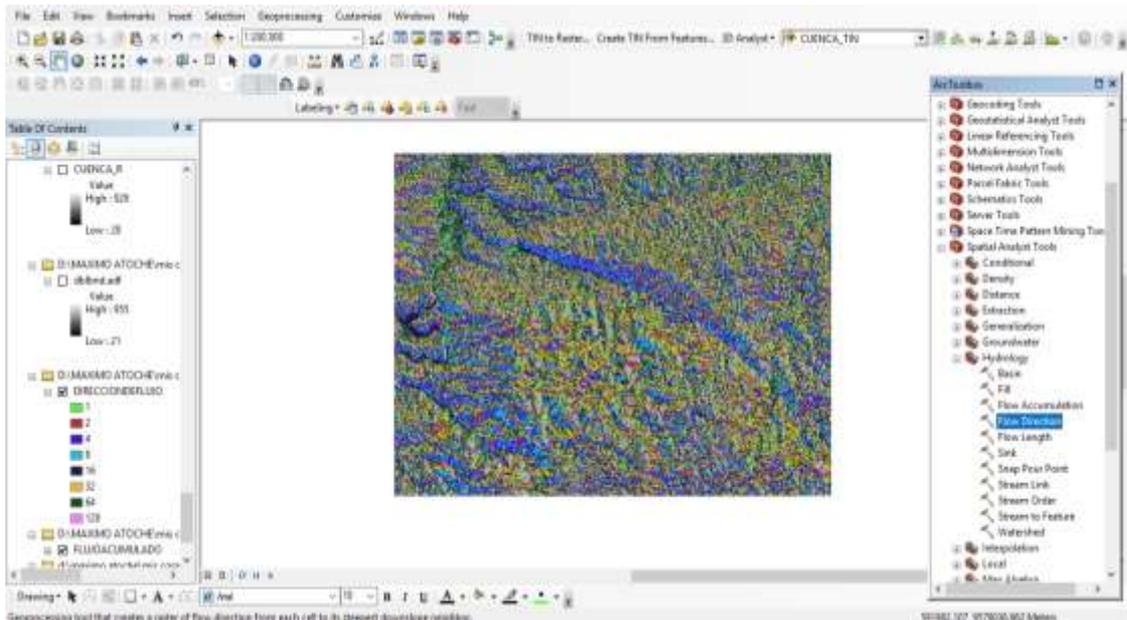


Figura 22. Resultado de la Herramienta Flow Direction en base al DEM

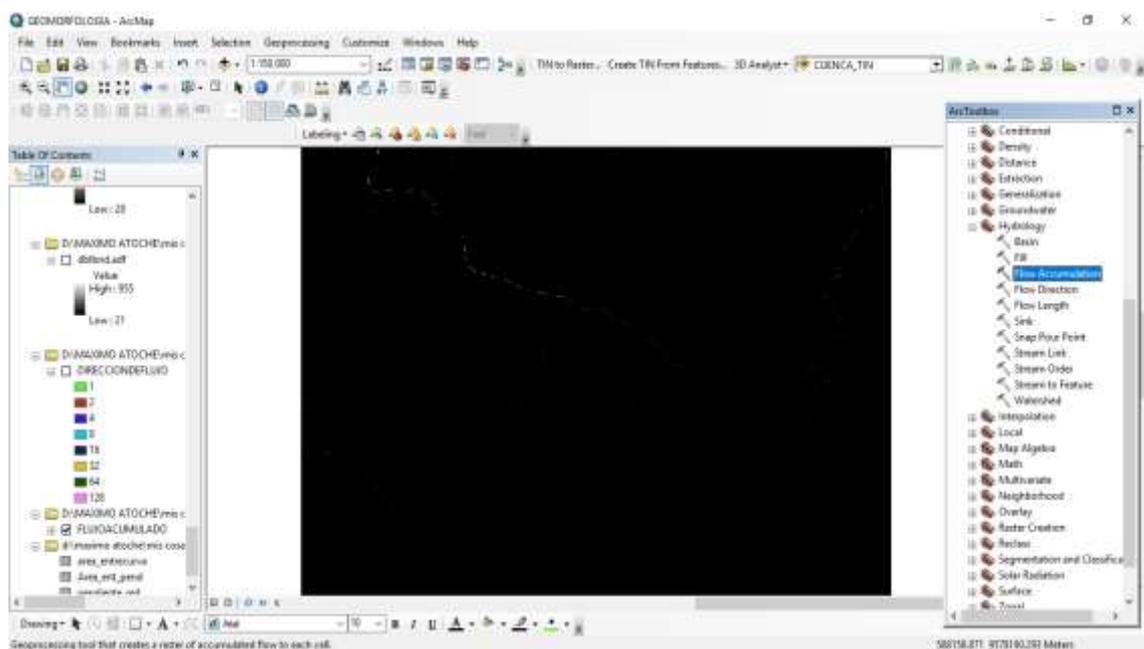


Figura 23. Resultado de la Herramienta Flow Accumulation.

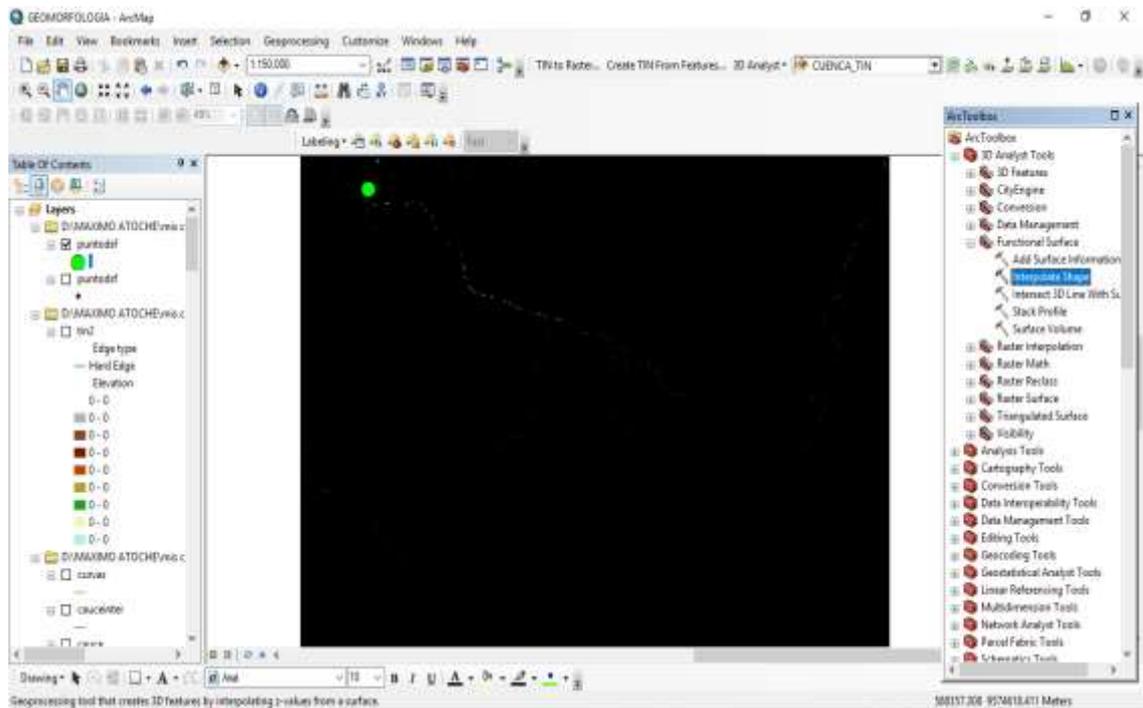


Figura 24. Creacion de un punto de desfogue con la herramienta Interpolate Shape.

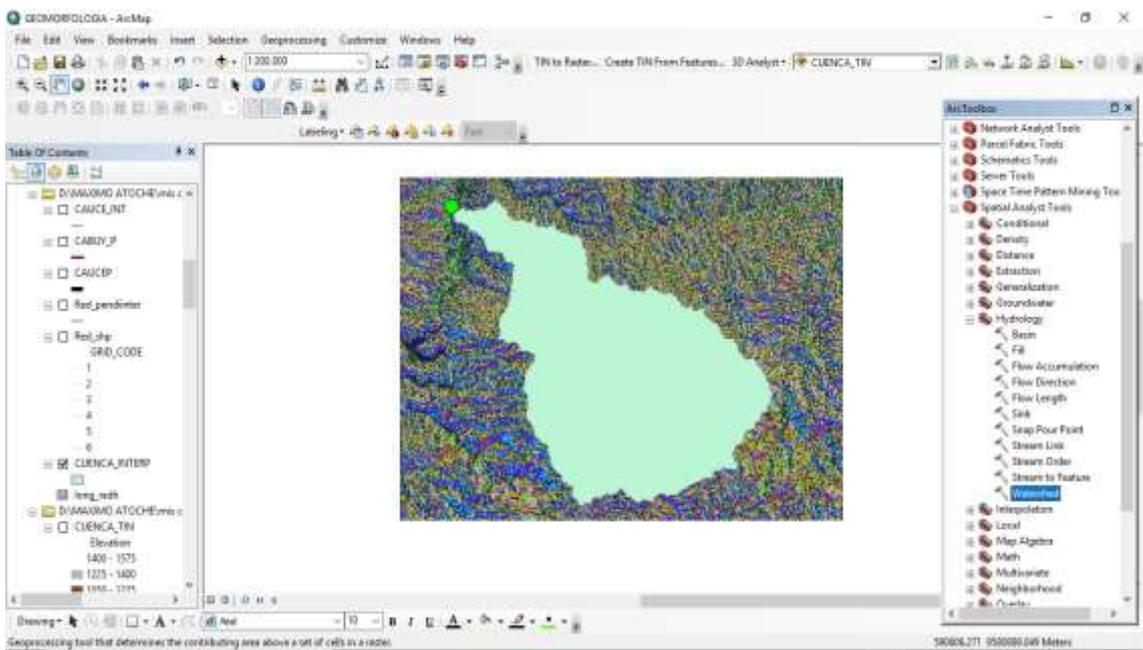


Figura 25. Delimitación de la Cuenca Angostura Cabuyal con la herramienta Watershed.

4.5.4. Caracterización Geomorfológica de la Cuenca

A. Parámetros de Forma

- Área, perímetro, Z máx., Z min y las coordenadas del Centroide.

Se obtuvieron a través de la Herramienta Open Attribute table (Abrir tabla de atributos) de ArcGIS Figura N°26, en la cual se puede calcular cada una de estas características, ya que esta ventana cuenta con las siguientes funciones: (Add field “Agregue campo” Figura 27, calculate Geometry “calcular geometría” Figura 28), estas dos opciones son las que se usaron la obtener las características ya mencionadas.

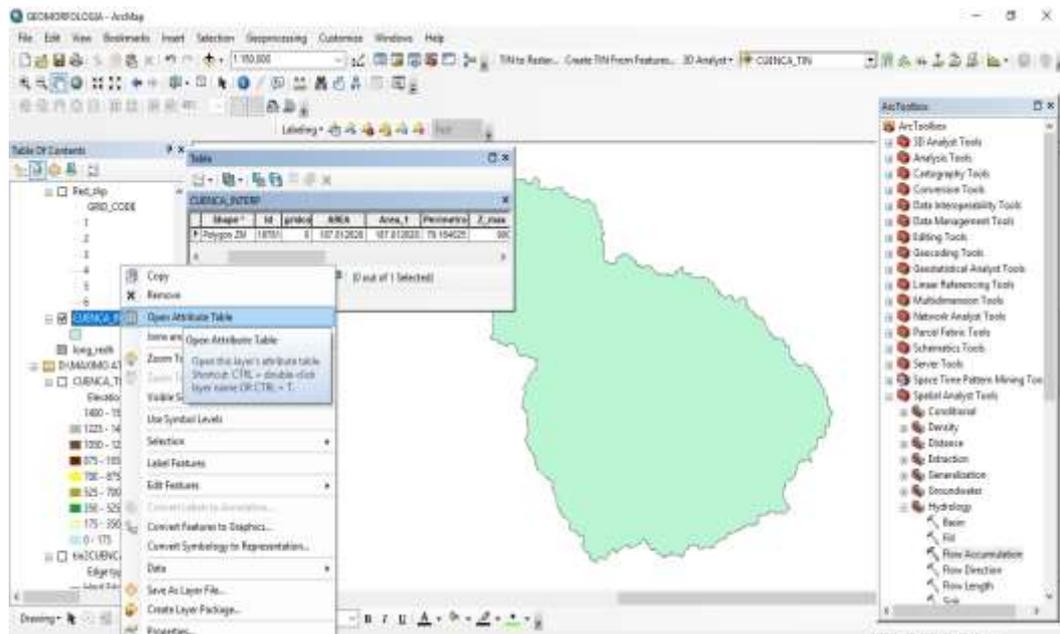


Figura 26. Herramienta Open Attribute table.

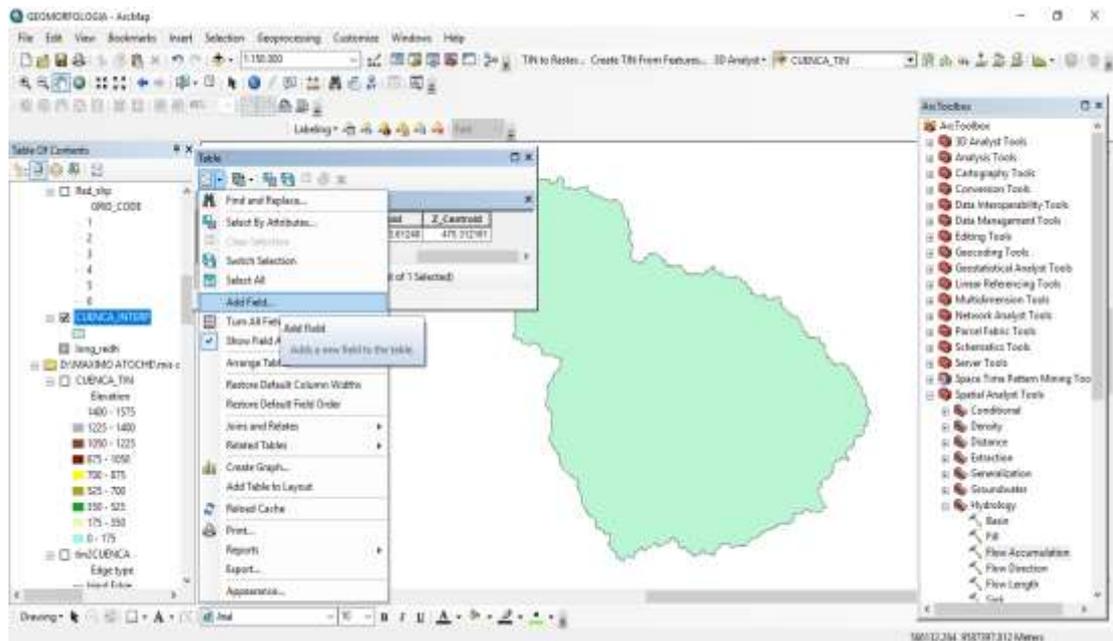


Figura 27. Opción Add field Para crear Campo de Cálculo.

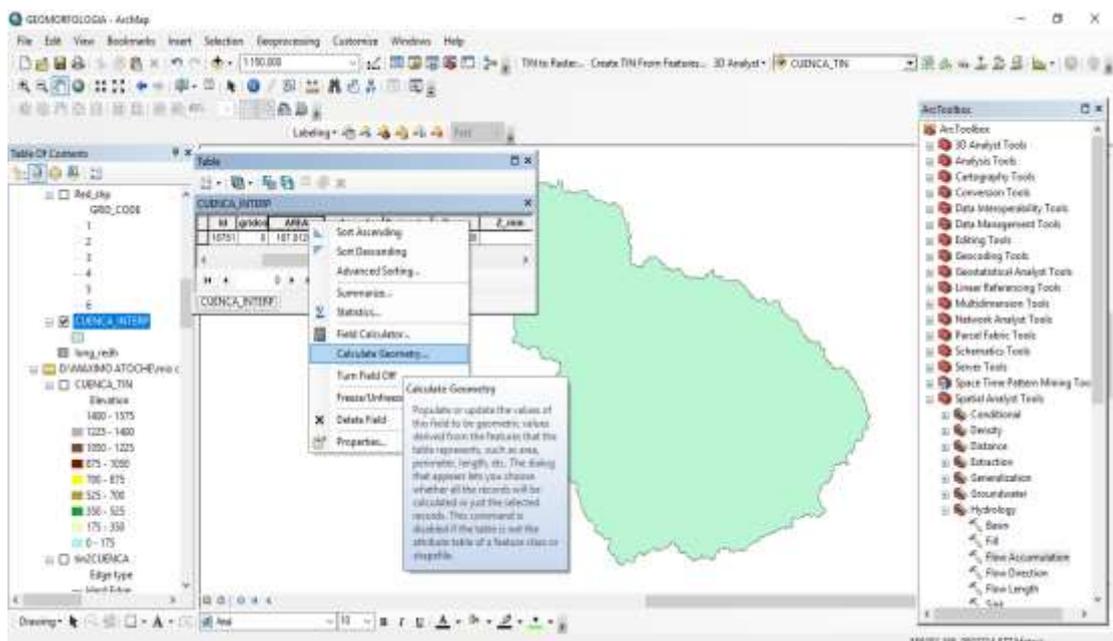


Figura 28. Opción calculate Geometry para calcular características Requeridas.

➤ Factor de Forma e Índice de compacidad

Ya obtenidas las características básicas de la cuenca, se calculó a través de una hoja de cálculo del Excel 2013 “Figura 29”, los demás parámetros de forma de la cuenca, teniendo presente cada modelo matemático que sirve para el cálculo de las mismas.

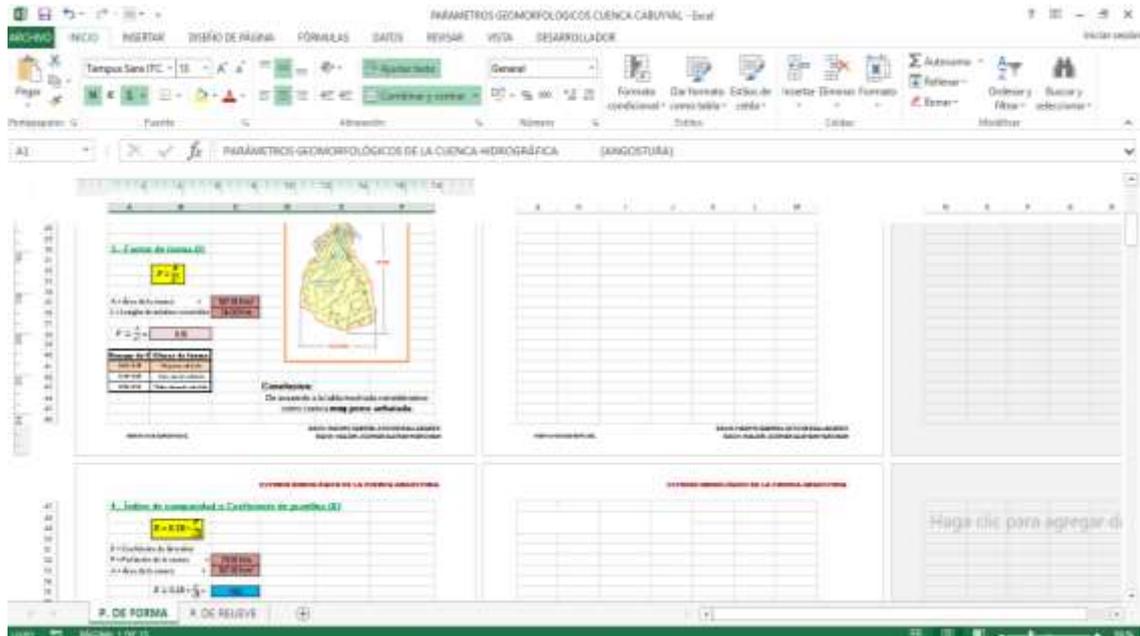


Figura 29. Hoja de cálculo Excel para los parámetros de forma.

B. Parámetros de Relieve.

➤ Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes.

A partir de la imagen DEM del área de estudio, usando la herramienta Reclassify (Reclasificar) Figura 30, se genera las áreas entre curvas y los datos que necesitamos para el diseño de la curva Hipsométrica. Luego transportamos estos datos a un archivo de Excel 2013, para finalmente realizar el diseño de estas características Imagen 31.

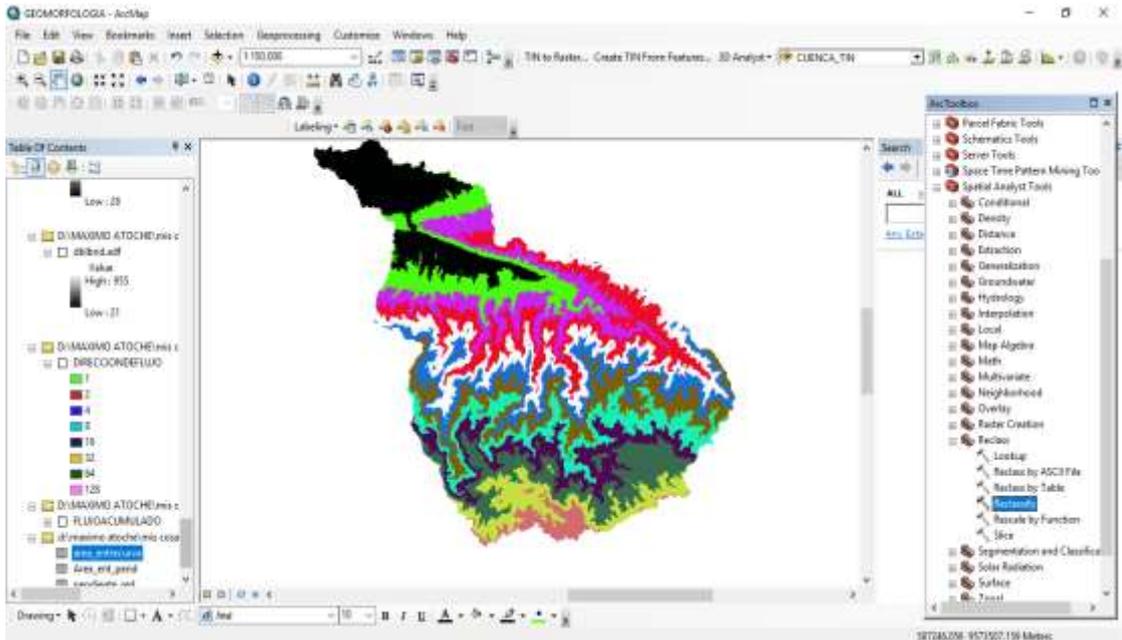


Figura 30. Herramientas Reclassify para generar área entre curvas.

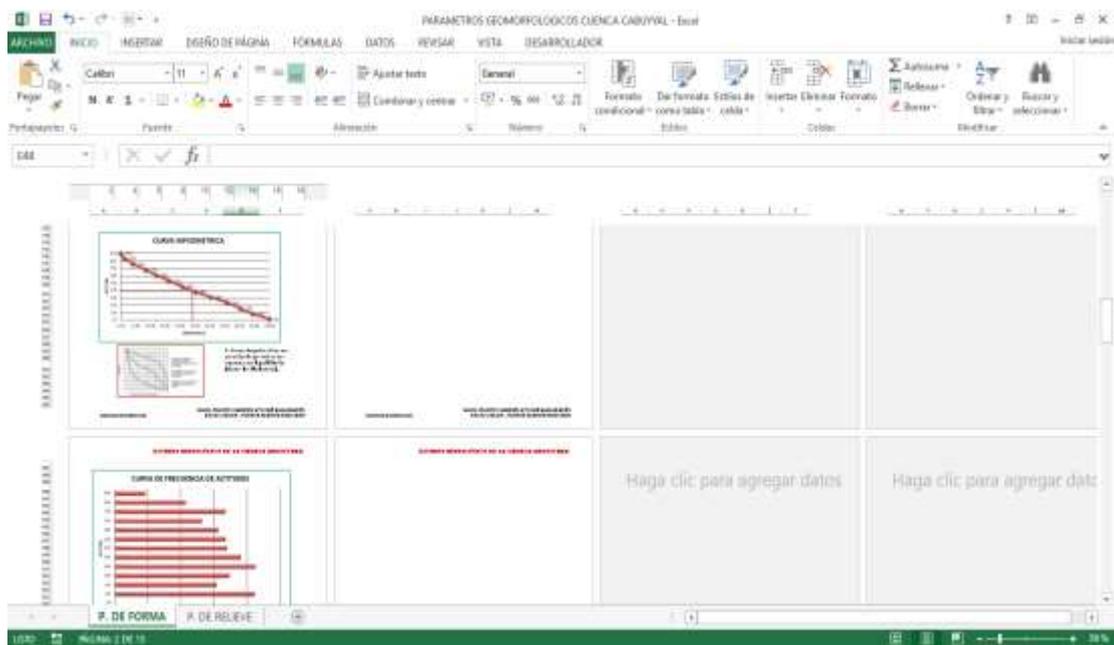


Figura 31. Diseño de Curvas Hipsométrica con hoja de Excel 2013.

➤ **Elevación Media, Altura Media y perfil longitudinal.**

Estos parámetros se calcularon a través del Excel 2013 “Figura 32”, insertando las formulas preestablecidas para su cálculo, con los datos generados del ArcGIS 10.5 Imagen 33.

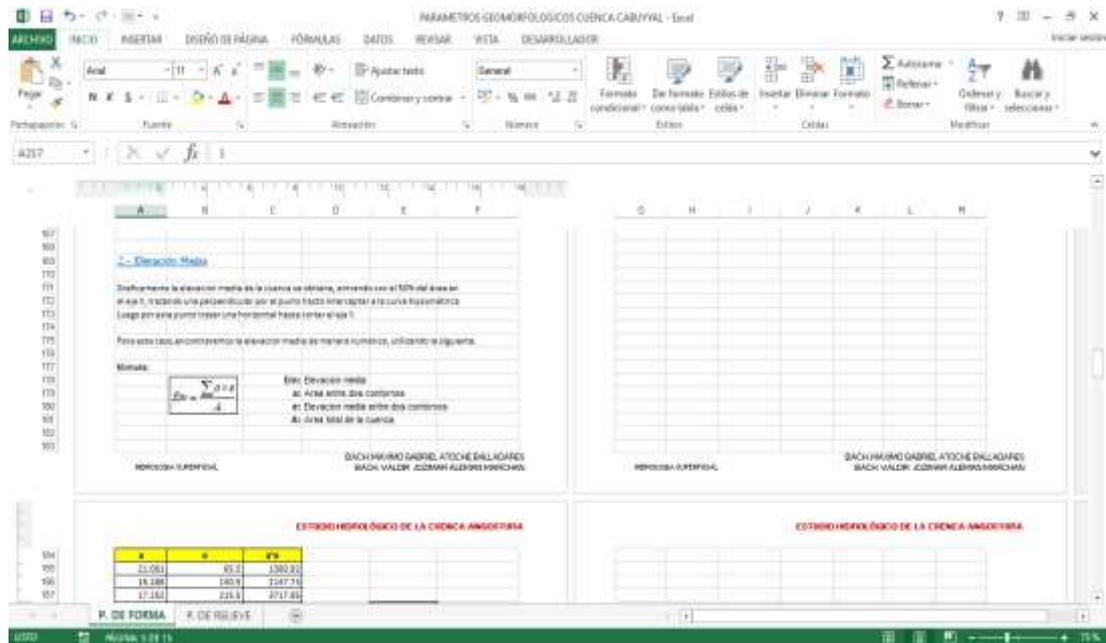


Figura 32. Hoja de cálculo de Excel para Elevación Media y Altura Media.

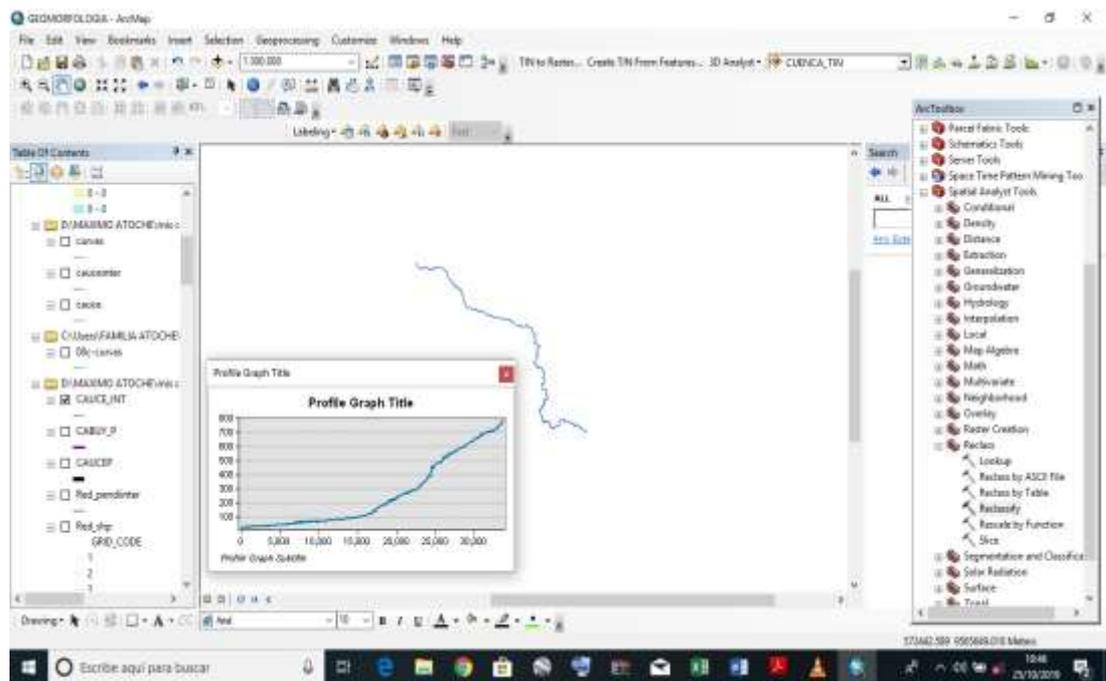


Figura 33. Perfil longitudinal en ArcGIS 10.5.

➤ Triángulo Equivalente.

Usando los datos para crear la curva Hipsométrica vistos en la Figura 30 y las formulas preestablecidas en la diferente bibliografía, se pudo diseñar el Triángulo Equivalente de la cuenca, a través del Excel 2013

obteniendo las dimensiones del triángulo y Autocad 2018 para dibujar dicho triángulo Rectángulo de nuestra Cuenca en Estudio Figura 34.

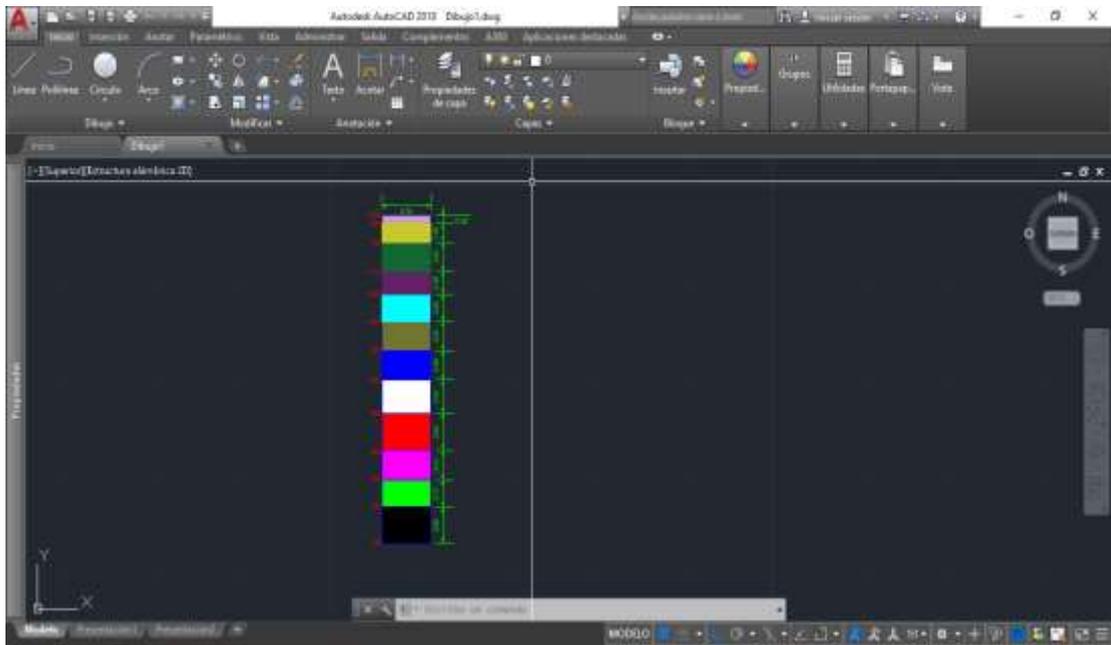


Figura 34. Dibujo del Triángulo Rectángulo en AutoCAD 2018.

➤ **Índice de Pendiente.**

Este parámetro se calculó con algunos datos de la curva Hipsométrica definidos en la Tabla 16 y las fórmulas preestablecidas para su cálculo.

➤ **Pendiente de la Cuenca.**

Partiendo de la imagen DEM, creamos una imagen de pendientes de la cuenca, separa lo cual se requirió la herramienta Slope (Pendiente) “Figura 35”; luego se usó la herramienta Reclassify (Reclasificar) “Figura 36” para crear intervalos requeridos. Al final con la herramienta Zonal Statistics as Table (Estadísticas zonales como tabla) “Figura 37, obtuvimos la información de la pendiente en una tabla estadística.

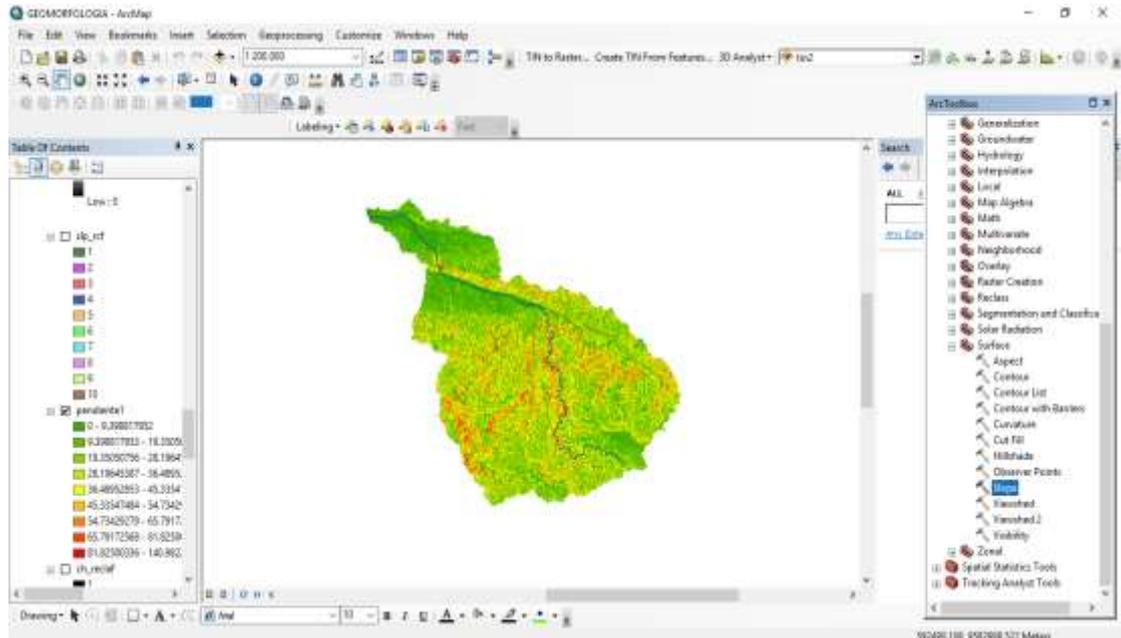


Figura 35. Resultado de la Herramienta Slope de ArcGIS

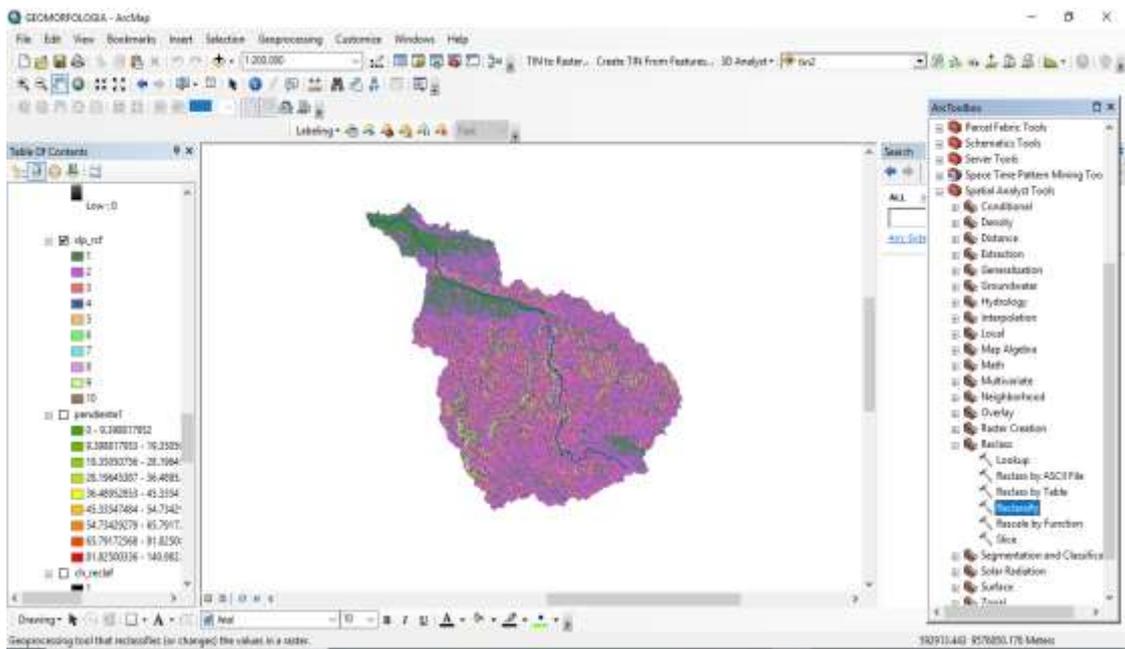


Figura 36. Resultado de la herramienta Reclassify de ArcGIS.

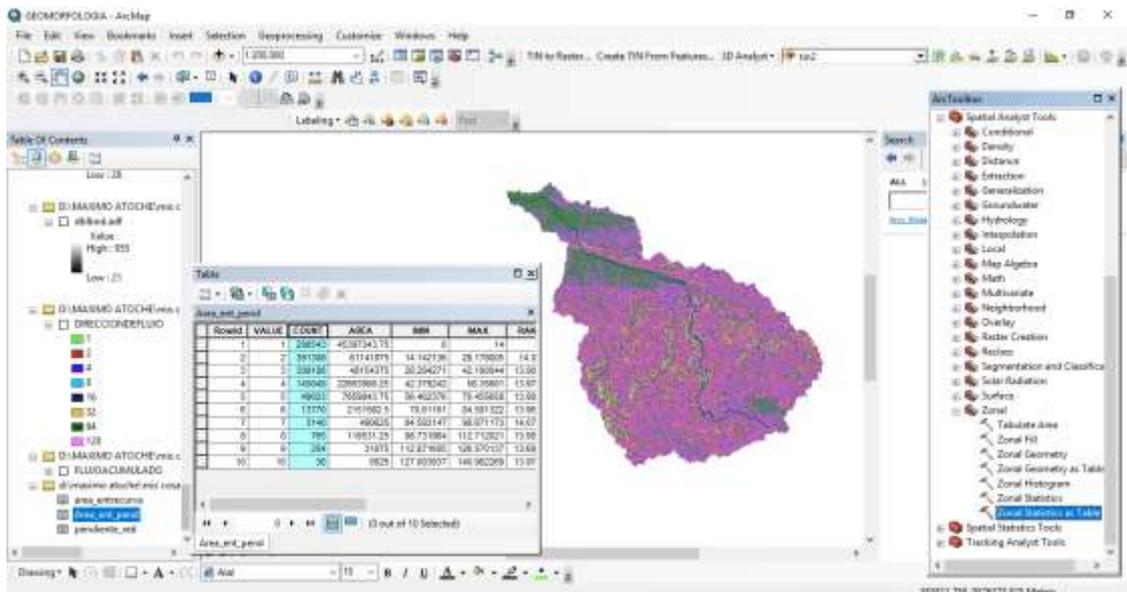


Figura 37. Consulta de la información estadística sobre la imagen de pendientes.

C. Parámetros Relativos.

- Coeficiente de Masividad, densidad de Drenaje y pendiente del Cauce.

Teniendo en cuenta los diferentes modelos preestablecidos en bibliografías de manuales y libros de Hidrología se procesaron dichos modelos en una hoja de Excel 2013 señalados en la Figura 34 para obtener estos parámetros.

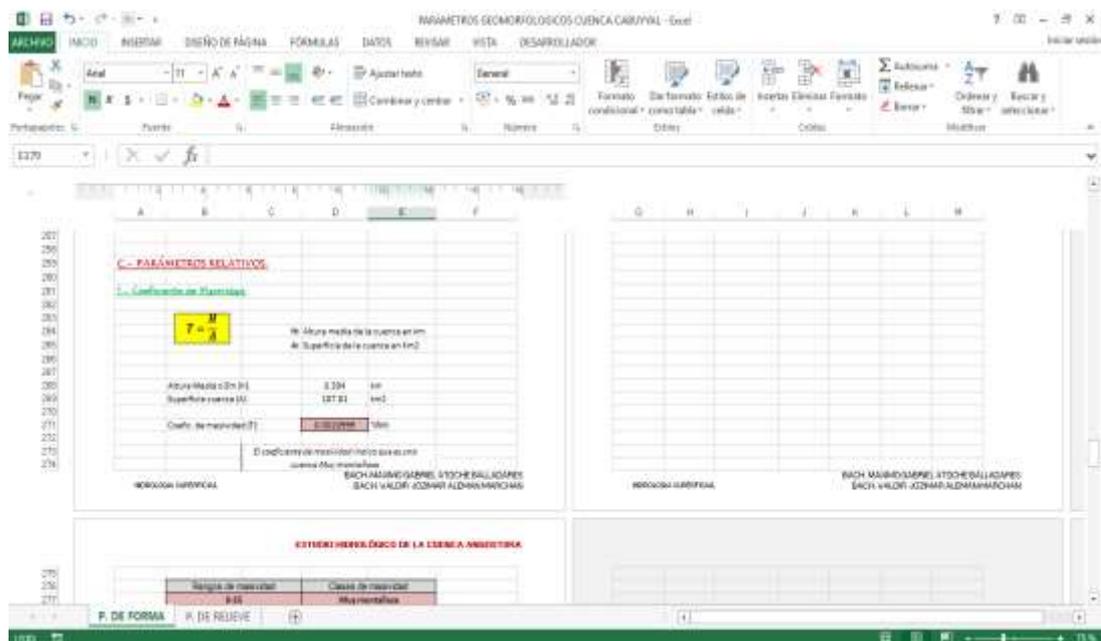


Figura 38. Hoja de Excel para calcular los parámetros relativos de la cuenca.

➤ **Tiempo de concentración.**

Para calcular este parámetro se usó las formulas preestablecidas en la bibliografía de Hidrología citada en la parte de los métodos de esta tesis, finalmente se usó una hoja de Excel 2013 “Figura 39”, para procesar dichos modelos, obteniendo así el dato requerido.

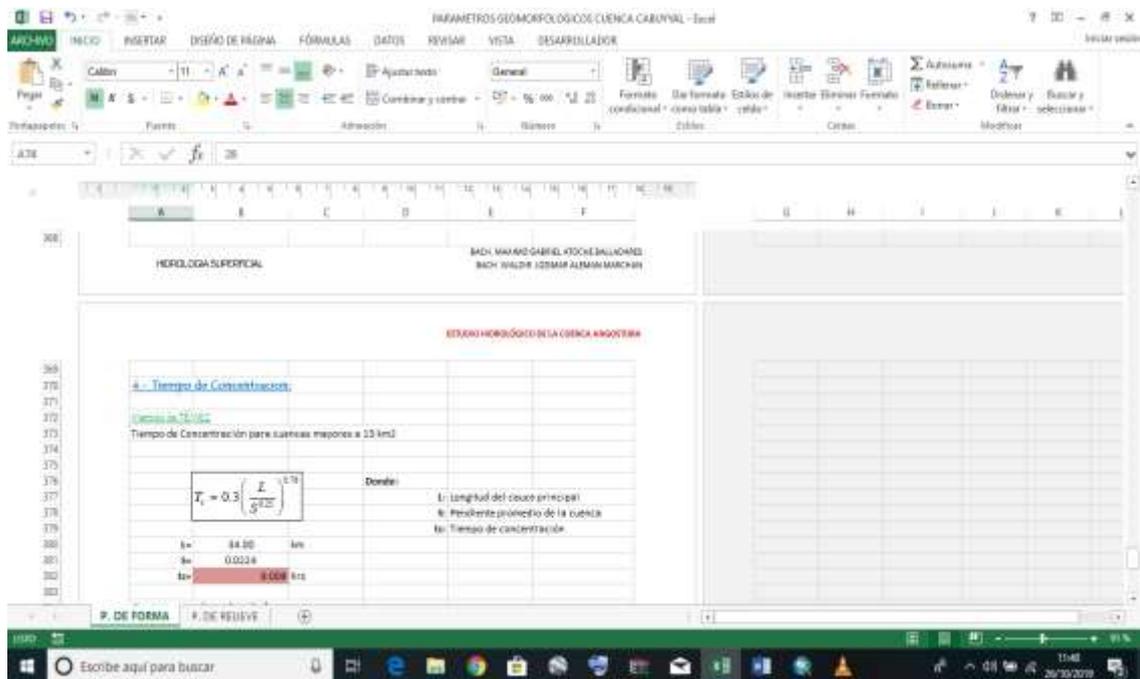


Figura 39. Calculo de Tiempo de Concentración en Excel 2013.

➤ **Orden de la cuenca.**

Teniendo como base la Figura 23 del Flujo Acumulado de la Cuenca, se usó la herramienta Raster Calculator (Calculadora Raster) para generar la red hídrica y su orden correspondiente como se muestra en la Figura 40.

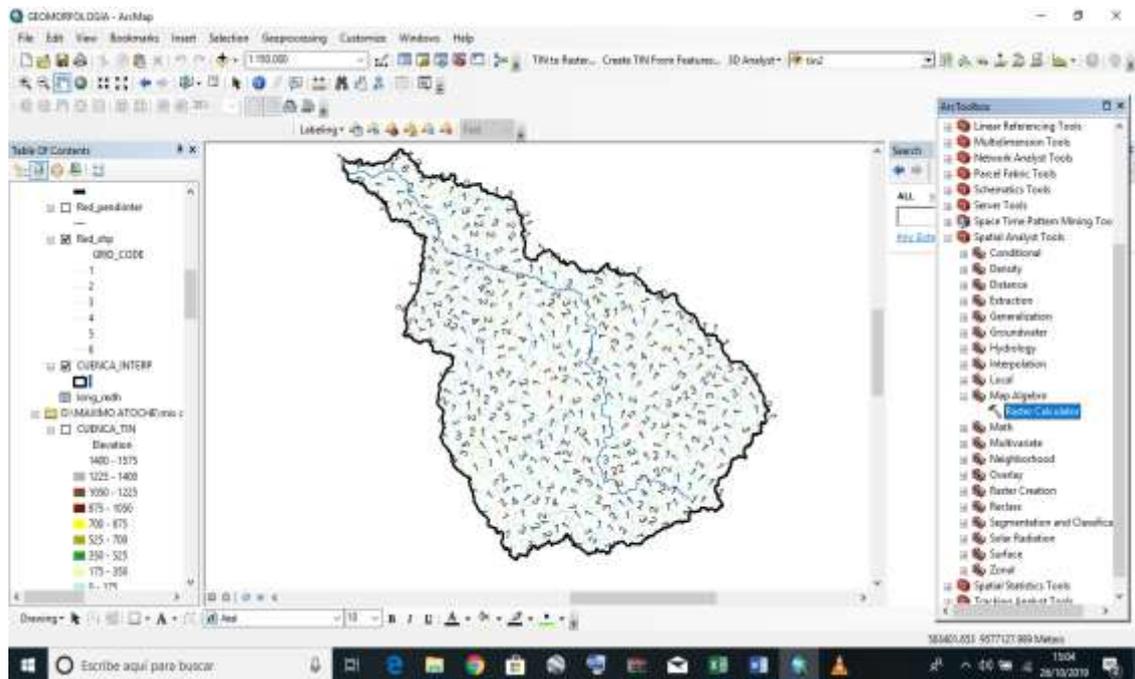


Figura 40. Orden hídrica de la Cuenca, Generada con la Herramienta Raster Calculator de ArcGIS 10.5.

4.5.5. Completación de Datos de Precipitación.

Para completar la información de datos de las estaciones Angostura (1993-1996), Cabo Inga (2012-2016), Chacritas (1994-1996), Hito Cotrina (1993-1996), El Caucho (1993-1996), El Condor Flores (1994-1996), Matapalo (2014-2016), Rica Playa (2013-2016), Hito Bocana (1975-1981), obtenidas del portal del SENAMHI; se usó el Método de los Promedios, el Método de la Recta de Regresión, que consistió en tener como data base de completación la información de la Estación El tigre (1964-2016) obtenida del PEBPT. Tengamos presente que este método solo funciona para Estaciones que pertenecen a la misma Zona Geográfica. Estas datas completas se verán reflejadas en los Anexos de la tesis y los datos iniciales o incompletos en los Anexos de la misma.

4.5.6. Análisis Estadístico de la Información.

Para el análisis Estadístico de la información de Precipitaciones se necesitó realizar un riguroso proceso estadístico que consta de análisis de consistencia y distribuciones estadísticas con la ayuda del programa HIDROESTA Figura 41.



Figura 41. Ventana Hidroesta que contiene las diferentes Distribuciones Estadísticas.

4.5.7. Características Hidrológicas de la Cuenca.

A. Polígono De Thiessen

Luego de haber completado los datos de precipitaciones de las estaciones en Estudio, a través de un archivo del portal GEO GPS PERU donde contiene todas las estaciones del SENAMHI georreferenciadas para ArcGIS 10.5, se procedió a extraer solo las estaciones que corresponden al Departamento de Tumbes como se muestra en la Figura 42. Finalmente a través de la herramienta de ArcGIS Create Thiessen Polygons (Crear polígono de Thiessen) “Figura 43”, se generó el polígono de Thiessen para toda Nuestra Región “con precipitaciones de (promedio Enero, promedio Febrero, promedio Marzo y Promedio de máximas precipitaciones

anuales)”, donde se encuentra ubicada nuestra Cuenca en estudio poder verificar cuales son las estaciones que tienen incidencia en nuestra cuenca; esto será plasmado en la sección de resultados.

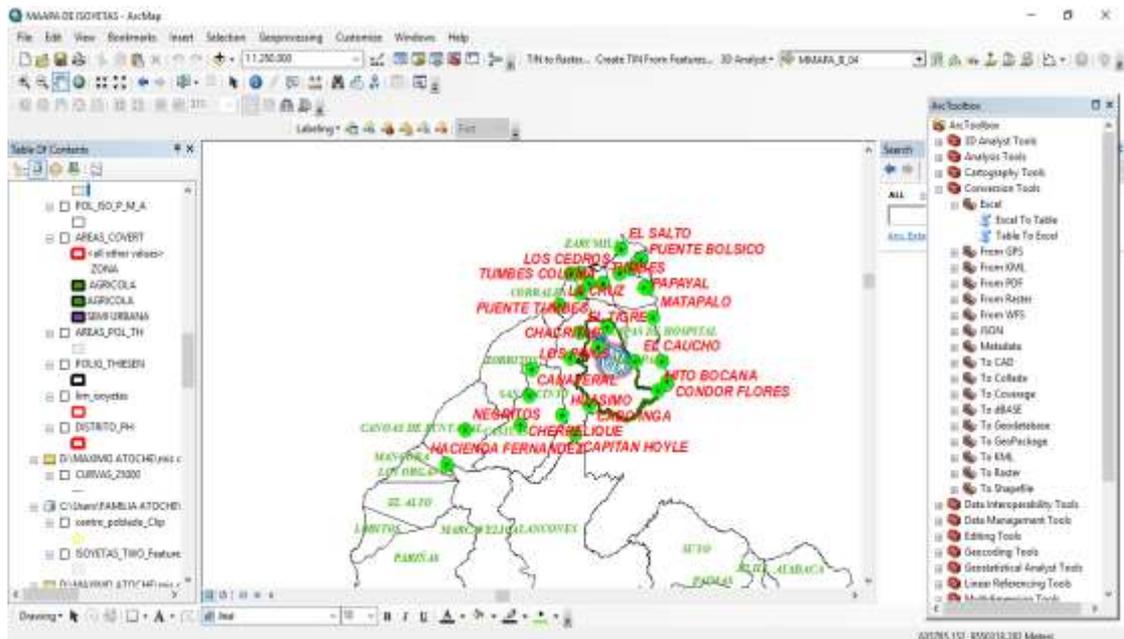


Figura 42. Estaciones de la regiones Tumbes Georreferenciadas en ArcGIS 10.5

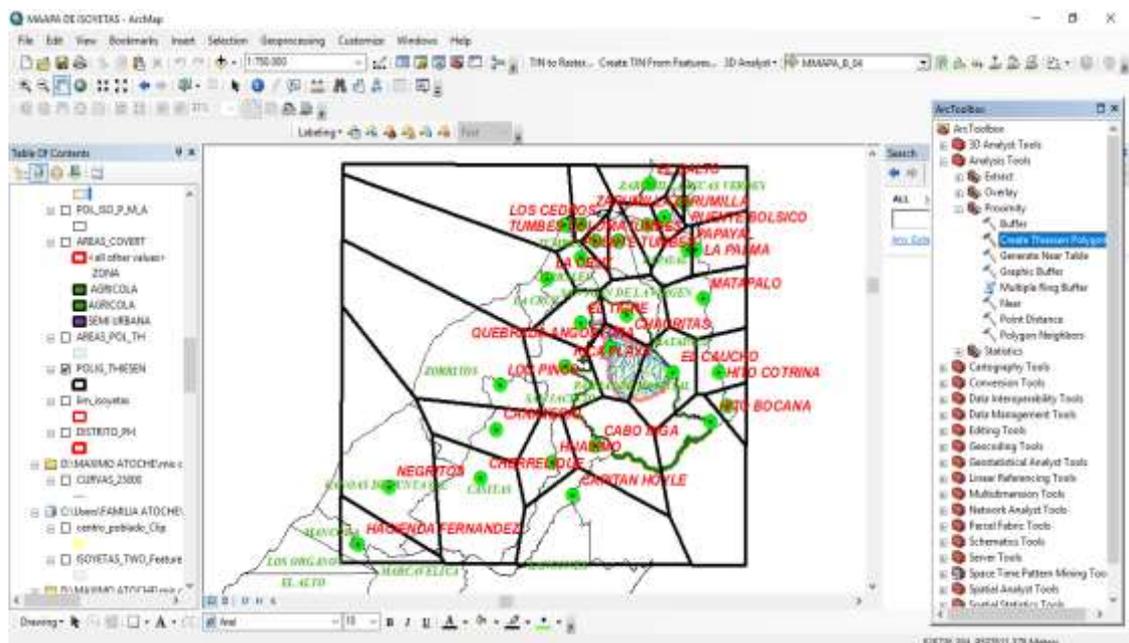


Figura 43. Uso de la herramienta Create Thiessen Polygons de ArcGIS 10.5

B. Curvas de Isoyetas

En base al archivo del portal GEO GPS Perú donde están las estaciones del SENAMHI georreferenciadas, se tomaron de este grupo solo 10 estaciones que cubrirían la parte de nuestra zona en Estudio; luego con esta información, se generó a través de la herramienta spline “ranura” de ArcGIS un Mapa Base que contiene las características de precipitación (promedio Enero, promedio Febrero, promedio Marzo y Promedio de máximas precipitaciones anuales) de la zona en estudio como lo muestra la Figura 44. Finalmente se crea las curvas de Isoyetas a través de la herramienta Contour “Contorno” de ArcGIS teniendo como base el Mapa antes Generado como lo muestra la Figura 45.

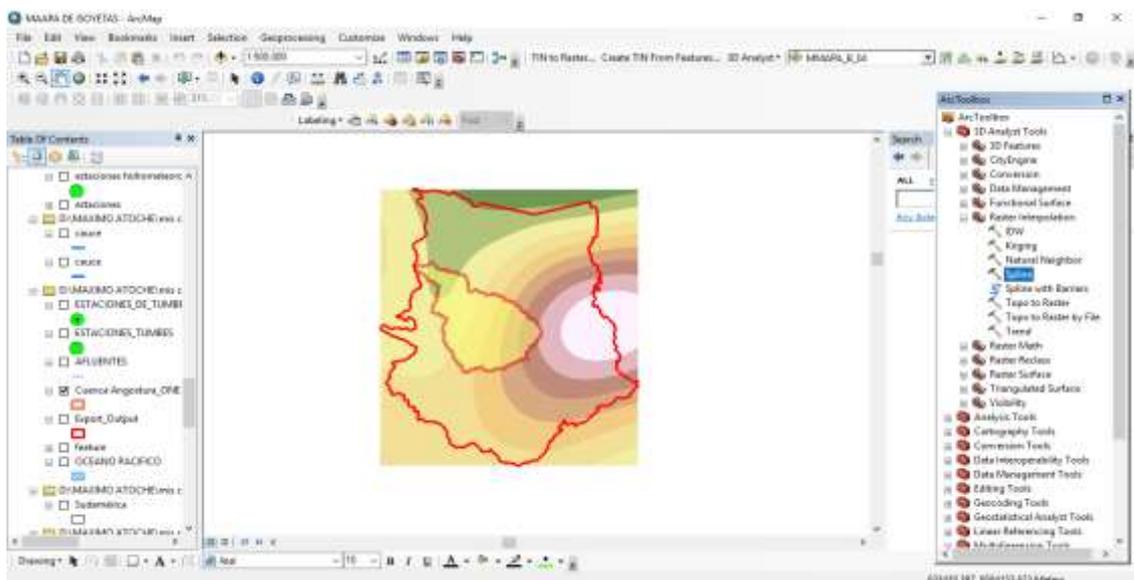


Figura 44. Creación de Mapa base a través de la herramienta Spline.

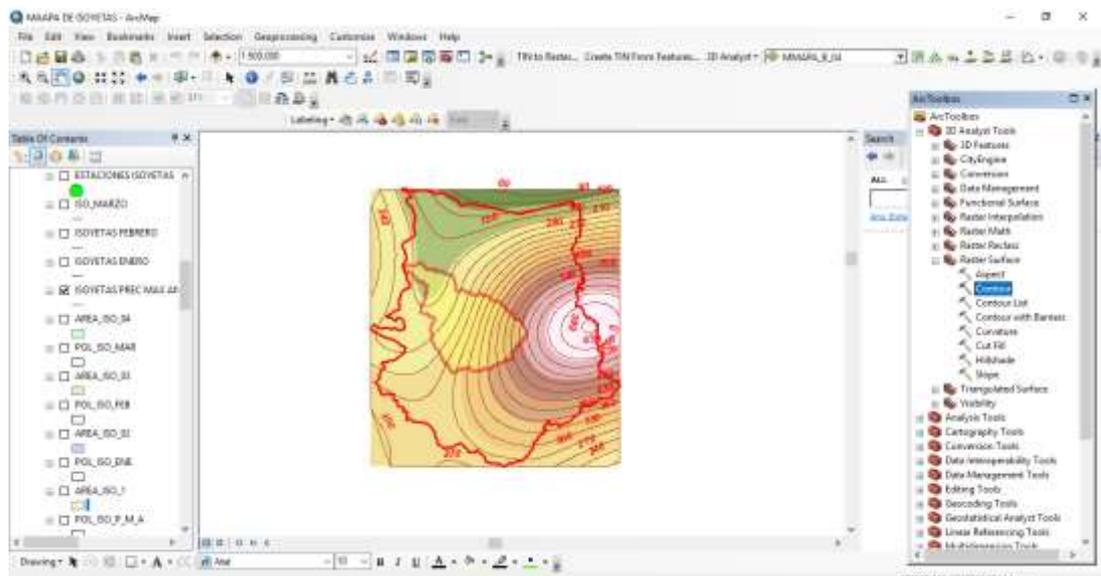


Figura 45. Creación de las curvas Isoyetas con la herramienta Contour

C. Curvas de Intensidad, Duración Y Frecuencia (IDF).

Para generar las curvas IDF se tomó como referencia la estación Angostura, ya que tiene más incidencia en nuestra Cuenca en Estudio, realizando un diseño de precipitaciones máximas para determinado periodo de retorno (2, 5 , 10, 20 , 25, 50, 100, 200 y 500 años) a través de la Distribución Estadística Gumbel, que fue la que más se ajustó a nuestra data. Finalmente usando los coeficientes de Duración del Ministerio de Transporte “Tabla 9”, que nos permite distribuir esta precipitación de diseño para cada determinada Duración (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 ,14, 16, 18, 20, 22, 24 y 48 horas) se generó las Curvas IDF con la ayuda del Excel 2013 “Figura 46”.

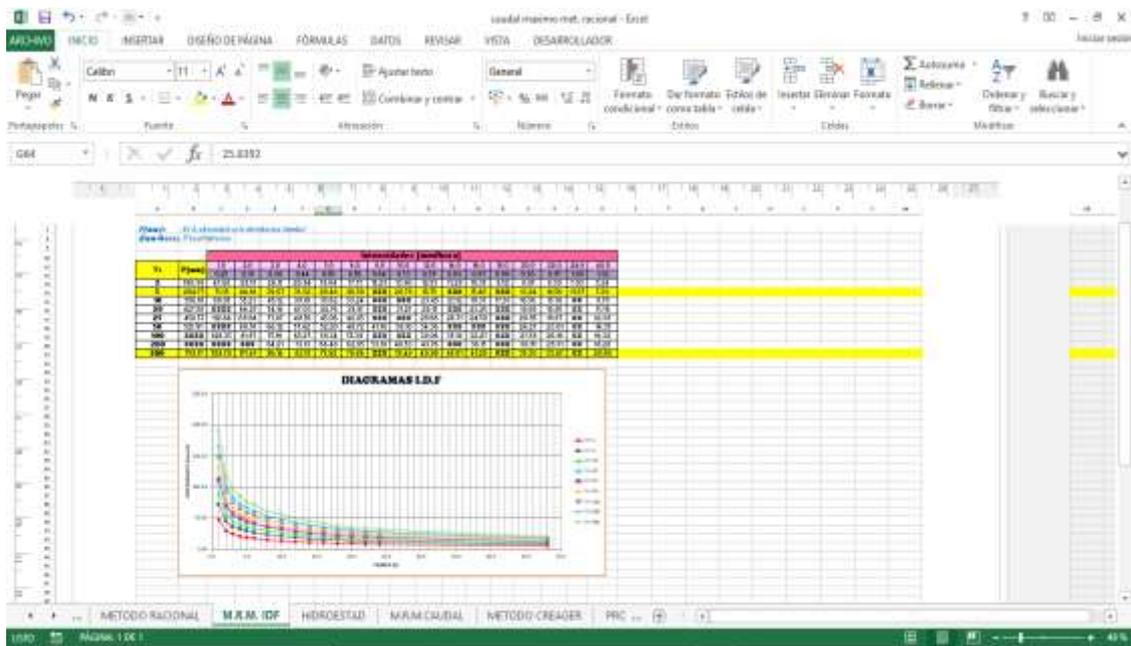


Figura 46. Hoja de Excel para diseñar curvas IDF.

4.5.8. Uso de Métodos Estadísticos y Empíricos.

A. Método Racional Modificado

Para realizar este método se tuvo presente las siguientes variables (tiempo de concentración (T_c) en horas, Coeficiente de Uniformidad (K), Intensidad (I) para cada periodo de retorno en mm/hora, Coeficiente de Escorrentía y el Área de la Cuenca en Km^2), cada uno de ellos se tomó de las Características Geomorfológicas e hidrológicas de la Cuenca Angostura; y a través del Excel 2013 “Figura 47” se obtuvo como dato final Caudales Máximos de Diseño para cada periodo de Retorno.

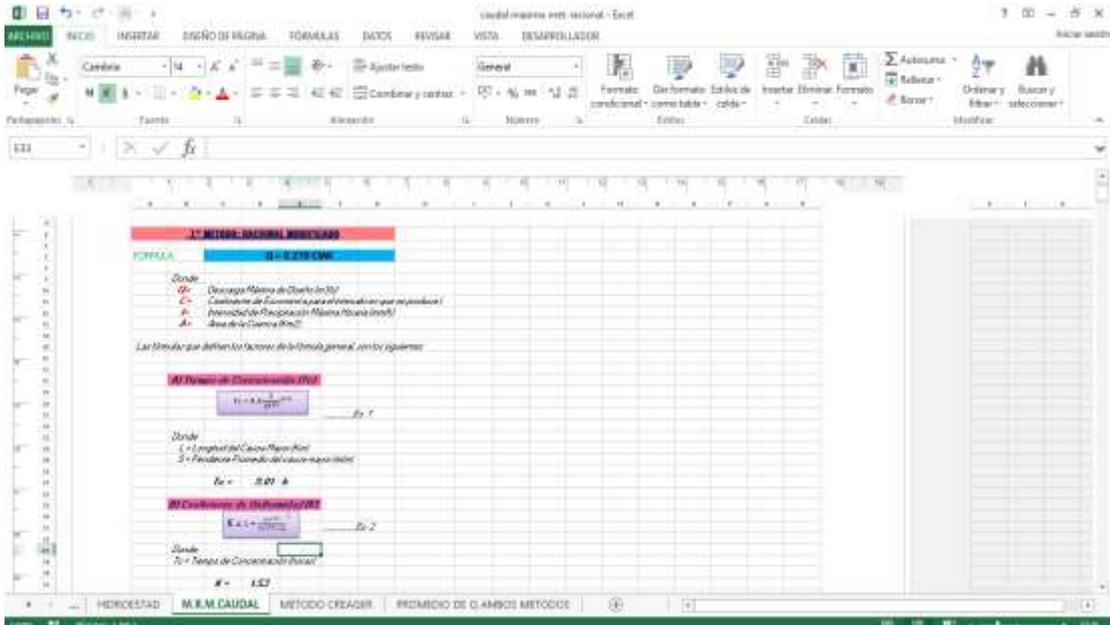


Figura 47. Hoja de Excel para el Método Racional Modificado.

B. Método de Creager

Para este método Empírico solo se usó dos Variables (El área de la cuenca en Km² y el periodo de Retorno requerido), para luego procesar dicha información en el Excel 2013 “Figura 48” y finalmente obtener Caudales Máximos de Diseño en cada periodo de retorno.

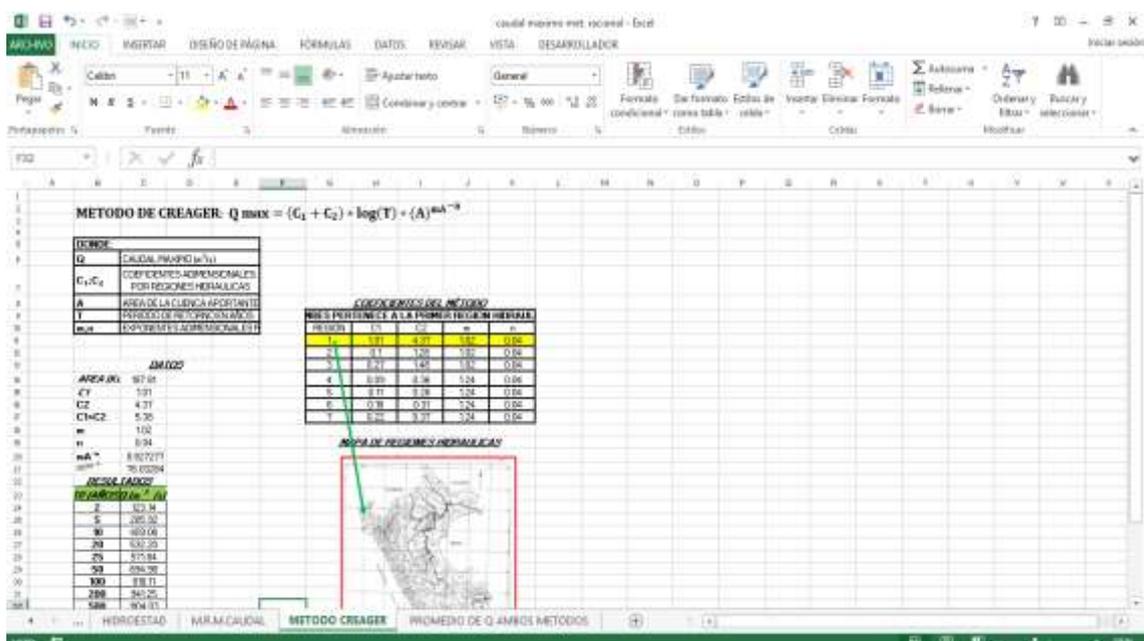


Figura 48. Hoja de Excel para el Método de Creager.

C. Caudal Máximo de la Cuenca Angostura Cabuyal para Periodos de Retorno.

Teniendo como base los datos obtenidos en los métodos Racional modificado y Creager se calculó el Caudal de Diseño para Nuestra Cuenca en Estudio a través del promedio entre ambos métodos usando Excel 2013 “Figura 49.

TR (AÑOS)	Probabilidad $p = 1/T_r \times 100$	Q (m ³ /s)		
		RACIONAL	CREAGER	PROMEDIO
2	50	331.68	122.14	227.41
5	20	498.13	265.92	391.81
10	10	638.08	405.06	518.57
20	5	744.96	532.30	638.57
25	4	784.97	571.86	678.40
50	2	929.36	654.98	792.17
100	1	1033.79	818.11	925.95
200	0.5	1158.18	941.25	1049.72
500	0.2	1322.64	1104.63	1213.33

Figura 49. Hoja de Excel para calcular el caudal máximo de la Cuenca Angostura.

4.5.9. Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña.

A. Ancho estable.

Se usó el programa RIVER Figura 50 de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el cual usa todos los métodos mencionados en esta tesis, para calcular este parámetro.



Figura 50. Pantalla River para cálculos hidráulicos de una defensa ribereña

B. Sección Teórica del Cauce.

A través de River Que usa El Método de Manning y usando las variables (Ancho estable (B) y talud (Z de diseño), se calculó cada característica de esta sección.

C. Profundidad de Socavación del Cauce.

A través del método de LL. List Van Levediev y tenido como variables (Q =caudal (m^3/s), t = tirante hidráulico (m), w = peso específico del suelo (Tn/m^3), β = Coeficiente por tiempo de retorno, ver tabla para determinar los valores Figura 15, B = Ancho del cauce (m), μ = coeficiente de contracción, x = valor de tabla, $1/(x + 1)$ = valor de tabla (Figura 14), dm =

diámetro de la partícula y V = Velocidad), se pudo estimar la profundidad de socavación.

Cabe señalar que los datos (w = peso específico del suelo (Tn/m^3) y el d_m = diámetro de la partícula), se tomaron como referencia del Expediente técnico titulado "CREACION DEL PUENTE CABUYAL EN EL CENTRO POBLADO CABUYAL DEL DISTRITO DE PAMPAS DE HOSPITAL, PROVINCIA DE TUMBES, DEPARTAMENTO DE TUMBES LUZ = 54.86 m", proyecto del Gobierno Regional de Tumbes en el año 2016.

V. RESULTADOS

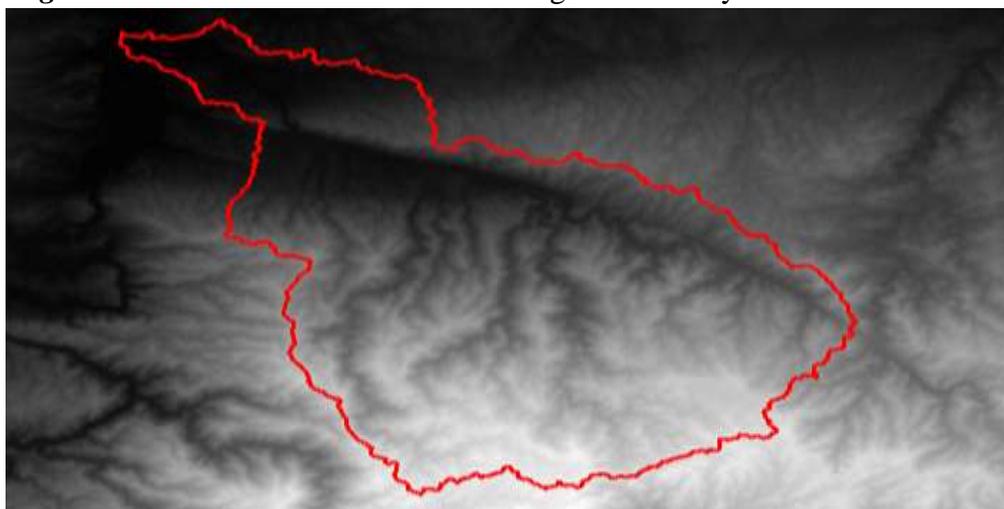
5.1. Determinación de las Características geomorfológicas de la Cuenca Seca

Quebrada Angostura Cabuyal.

5.1.1. Delimitación de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.

Como se mencionó en la metodología, esta delimitación se realizó con ArcGIS 10.5, teniendo en cuenta todos los criterios su resultado se muestra en la Figura 51.

Figura 51. Delimitación de la Cuenca Angostura Cabuyal en ArcGIS 10.5.



5.1.2. Características Geomorfológicas de la cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.

Tabla 15. Resultados de las características Geomorfológicas.

<i>Nº</i>	<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>VALOR</i>
1	PARÁMETROS DE FORMA		
1.1	Área de la Cuenca	Km ²	187.81
1.2	Perímetro de la Cuenca	Km	79.16
1.3	Factor de Forma	Adimensional	0.16
1.4	Índice de compacidad o Coeficiente de gravelius	Adimensional	1.62
2	PARÁMETROS DE RELIEVE		
2.1	Elevación Media	msnm	422
2.2	Altura Media	Msnm	394
2.3	Índice de Pendiente	Adimensional	0.141
2.4	Pendiente de la Cuenca	%	19
2.5	Elevación Máximo	msnm	929
2.6	Elevación Mínima	msnm	28
2.7		Centroide	
	X	m	571412.7559

	Y	m	9580253.612
	Z	msnm	475.312
3	PARÁMETROS RELATIVOS		
3.1	Coeficiente de Masividad	1/Km	0.0020999
3.2	Longitud del cauce principal	Km	34
3.3	Densidad de Drenaje	1/km	4.86
3.4	Pendiente del cauce	%	2
3.5	Tiempo de Concentración	Horas	9.009
3.6	Número de orden de la cuenca	Orden	6

Fuente: Autores



Figura 52. Plano de Orden de la Cuenca Angostura con ArcGIS 10.5

Haciendo un análisis de los resultados de Las Características Geomorfológicas de la Cuenca Angostura Cabuyal, podemos observar lo siguiente. Esta Cuenca posee una superficie de 187.81 Km² y un perímetro de 79.16 Km que la describe como una cuenca pequeña o Sub Cuenca “Tabla 44 de los anexos”. Así como presenta elevaciones que oscila desde los 929 msnm en la parte alta hasta los 28 msnm donde desemboca el cauce principal.

Siguiendo con este análisis, podemos evidenciar que esta cuenca posee un cauce principal con una longitud de 34 Km y una pendiente de 2% que a su vez dan como resultado un tiempo de concentración de 9.009 horas, que refleja el tiempo que demora en concentrarse las aguas de la cuenca partiendo desde el punto más alto hasta su desembocadura.

Así mismo, posee un Coeficiente de Masividad de 0.0020999 1/km y una Densidad de Drenaje de 4.86 1/Km que nos revela una cuenca montañosa, con una Densidad de Drenaje Baja y Textura Gruesa de acuerdo a la Tbala 48 y Figura 70 de los anexos.

Sumado a esto la cuenca posee una Forma muy poco Achatada según Tabla 45 de anexos, ya que su factor de forma corresponde a 0.16. Así mismo posee un Índice de compacidad o Coeficiente de gravilius de 1.62, lo que nos indica que es una cuenca Oblonga o Rectangular alargada según Tabla 46 de los Anexos.

Finalmente el número de orden de la cuenca que corresponde al orden 6, nos indica una característica típica de corrientes perennes; donde el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce; confirmando la permanencia de sus aguas aún en tiempo donde no hay precipitación.

A. Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes.

Tabla 16. Valores de la curva Hipsométrica

ALTITUD (msnm)	ÁREAS PARCIALES (Km ²)	ÁREAS ACUMULADAS (Km ²)	ÁREAS QUE QUEDAN SOBRE LAS ALTITUDES (Km ²)	% DEL TOTAL	% DEL TOTAL QUE QUEDA SOBRE LA ALTITUD
1	2	3	(4)=187.81-(3)	(5)=(2)*100/187.82	(6)=(4)*100/187.82
28	0.00	0.00	187.8166	0.000	100.00
103	21.081	21.08	166.7353	11.224	88.78
178	15.286	36.37	151.4489	8.139	80.64
253	17.252	53.62	134.1967	9.186	71.45
328	21.176	74.80	113.0203	11.275	60.18
403	18.940	93.74	94.0798	10.085	50.09
478	16.860	110.60	77.2195	8.977	41.11
553	16.698	127.30	60.5211	8.891	32.22
628	15.601	142.90	44.9197	8.307	23.92
703	13.095	155.99	31.8248	6.972	16.94
778	16.633	172.63	15.1914	8.856	8.09
853	10.674	183.30	4.5170	5.683	2.41
929	4.517	187.82	0.0000	2.405	0.00
Σ =	187.82 Km ²			100.00	

Fuente. Autores

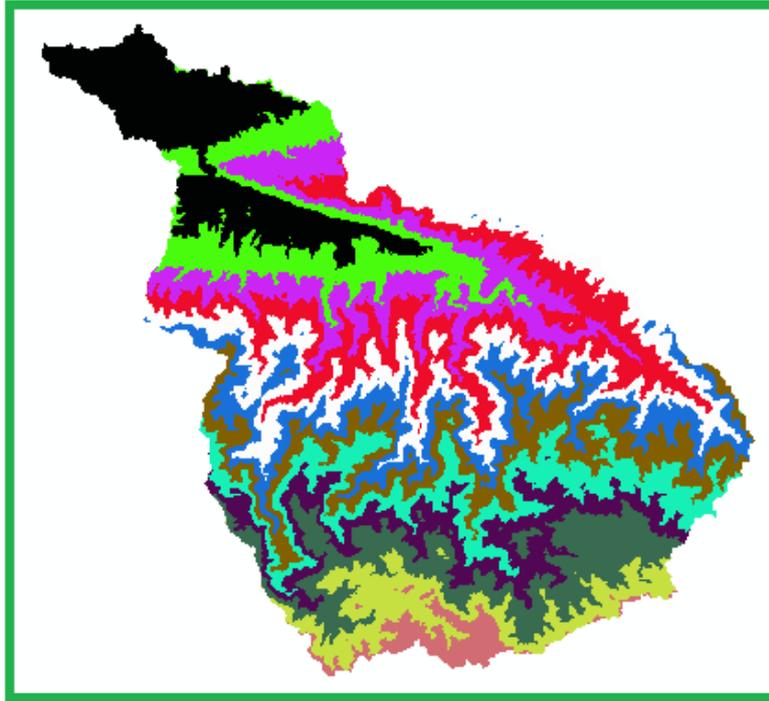


Figura 53. Plano de Áreas parciales elaborado en ArcGIS 10.5.

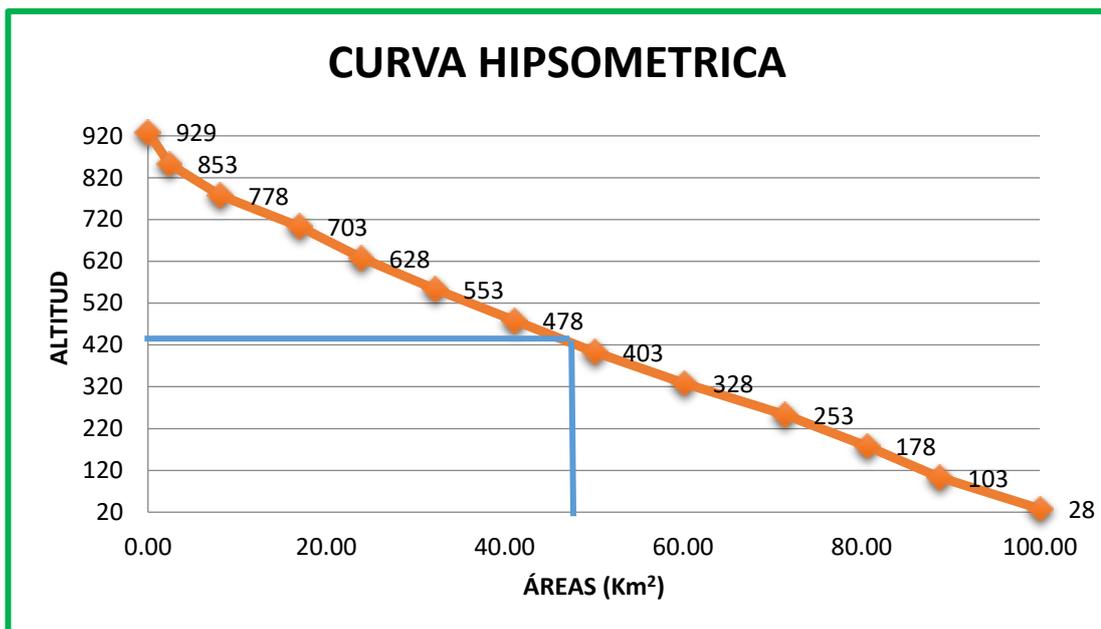


Grafico 1. Curva Hipsométrica.

Fuente: Autores

Esta Curva Hipsométrica nos evidencia que la Cuenca Angostura Cabuyal tiene una curva tipo B de acuerdo a la Figura 69 de los anexos, por ende es una cuenca en Equilibrio Erosivo, encontrándose en una fase de Madurez.

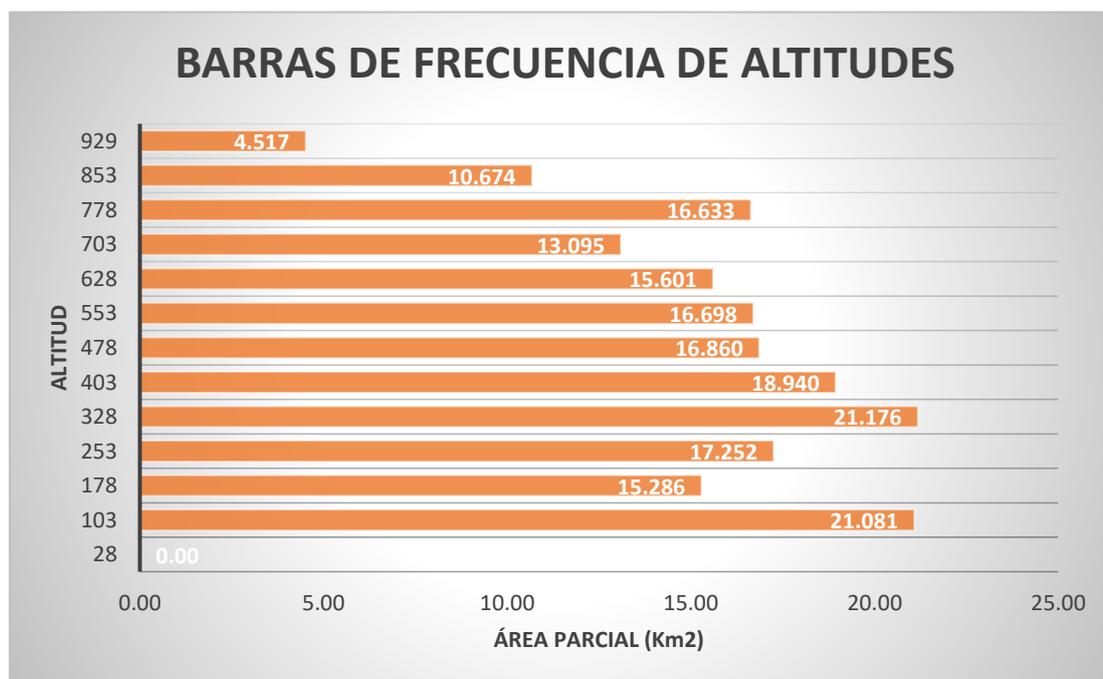


Grafico 2. Barras de Frecuencia de Altitudes.

Fuente: Autores

B. Perfil Longitudinal.

Tabla 17. Datos para el perfil Longitudinal del Cauce.

curva de nivel	Cota menor (msnm)	Cota mayor (msnm)	Diferencia entre cotas (Ah)	Longitud del Tramo (m)	Longitud Acumulada
1	27	40	13	0	0
2	40	64	24	4000	4000
3	64	79	15	4000	8000
4	79	109	30	4000	12000
5	109	220	111	4000	16000
6	220	359	138	4000	20000
7	359	570	211	4000	24000
8	570	705	135	4000	28000
9	705	787	82	4000	32000
10	787	800	13	2000	34000

Fuente: Autores

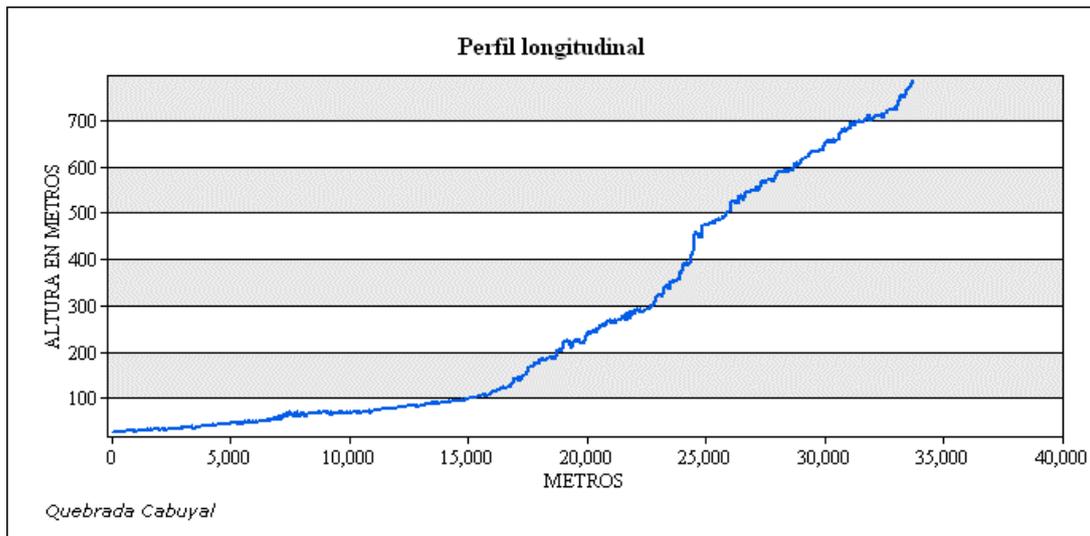


Figura 54. Perfil Longitudinal con ArcGIS 10.5.

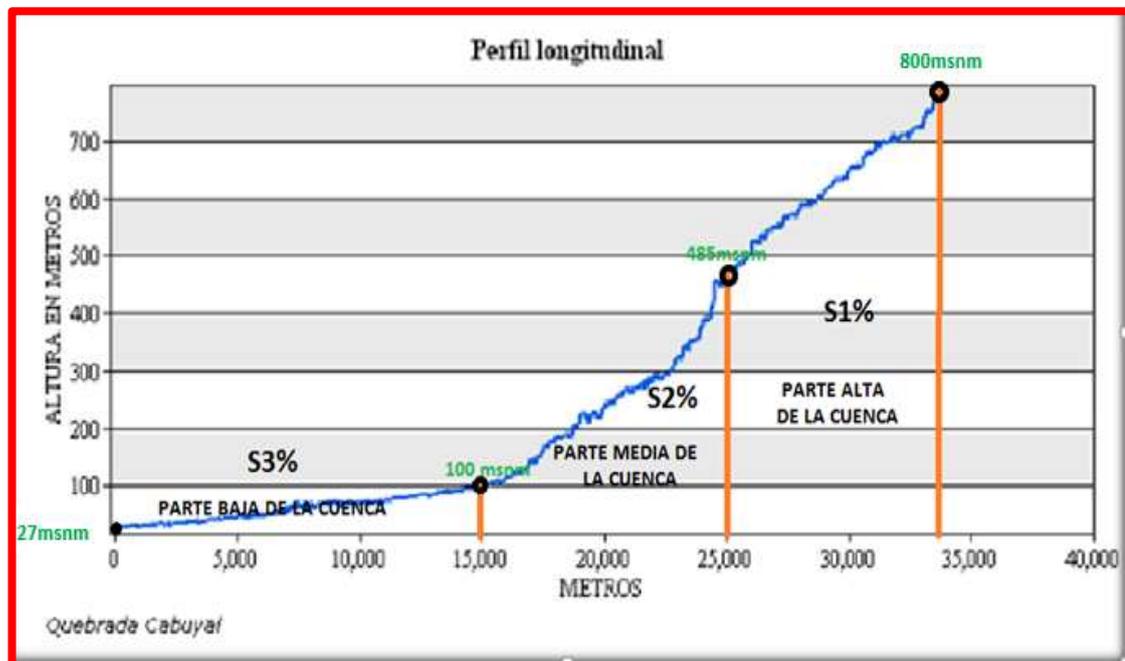


Figura 55. Pendientes por tramos.

Tabla 18. Resultado de pendientes por tramos.

S3 % PARTE BAJA	0.5
S2 % PARTE MEDIA	3.9
S1 % PARTE ALTA	3.5

Fuente Autores

C. Rectángulo Equivalente.

Tabla 19. Datos Base para diseñar el triángulo Rectángulo

A = Área de la cuenca	187.81 Km²
K = Coeficiente de Gravelius	1.62
L = Lado mayor del rectángulo	34.07 Km
I = Lado menor del rectángulo	5.51 Km

Fuente. Autores

Tabla 20. Datos del Triángulo Rectángulo.

L₀	3.82 Km
L₁	2.77 Km
L₂	3.13 Km
L₃	3.84 Km
L₄	3.44 Km
L₅	3.06 Km
L₆	3.03 Km
L₇	2.83 Km
L₈	2.38 Km
L₉	3.02 Km
L₁₀	1.94 Km
L₁₁	0.82 Km

Fuente: Autores

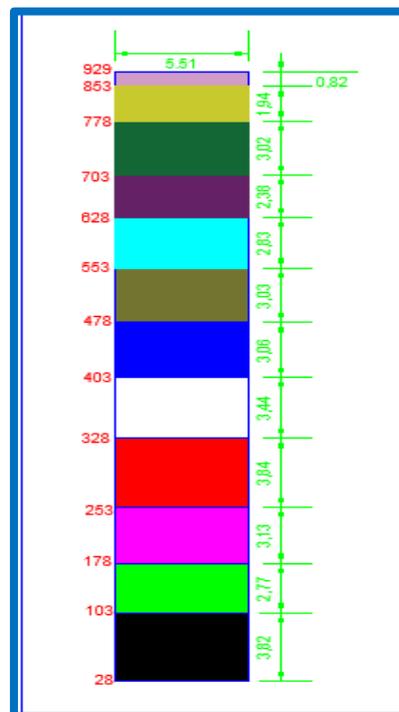


Figura 56. Triángulo Rectángulo en AutoCad 2018

5.2. Características Hidrológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura

Cabuyal

5.2.1. Datos de precipitación completadas.

Fueron 10 Estaciones Meteorológicas con datos de precipitación que se completaron a través de los métodos de Promedios y Recta de Regresión y son las siguientes. Estas datos serán consideradas en los Anexos de la Tesis. Cumplieron con la regla de pertenecer a la misma zona geográfica (Zona 17S).

5.2.2. Análisis estadístico de la Información.

Se presenta el análisis estadístico de las tres estaciones con mayor incidencia en la cuenca (Estación Angostura (A), Estación el Caucho (B) Estación Chacritas (C)), de las cuales, para el cálculo del caudal se usó la estación Angostura, a la cual se realizó el análisis de Distribución Estadístico, como se muestra a continuación.

A. Análisis de Consistencia de las tres Estaciones.

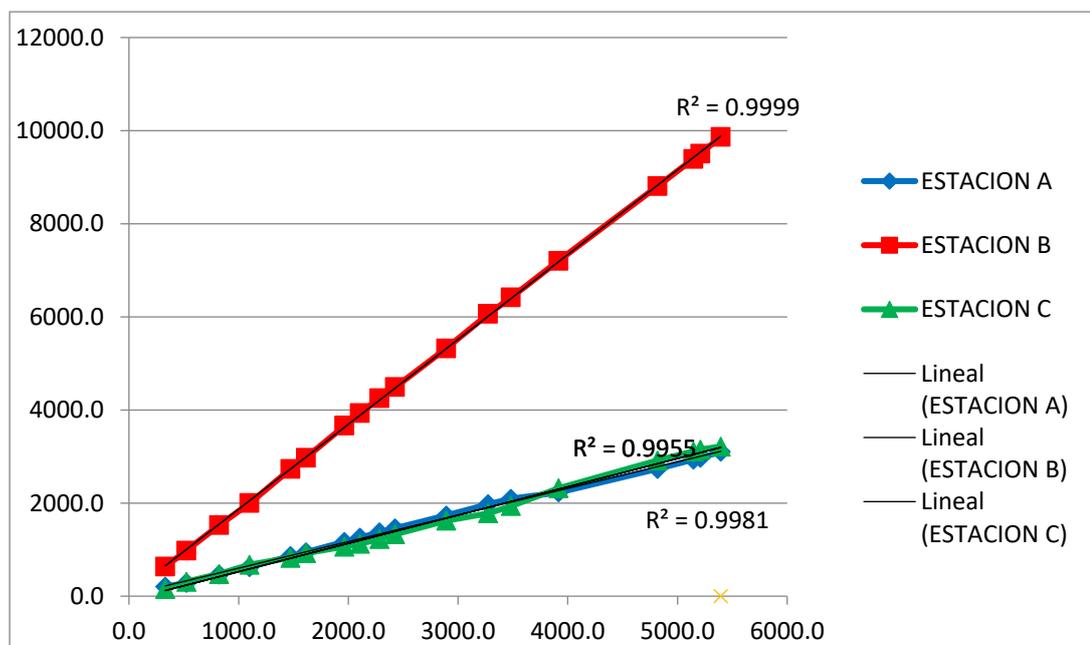


Gráfico 3. Análisis de Consistencia de las Estaciones A, B, C

B. Análisis de Distribución Estadística de las precipitaciones máximas de Estación Angostura.

Tabla 21. Resumen de Precipitaciones máximas Anuales en 24 Horas

AÑOS	P máx. (mm)
1995	133.7
1996	36.5
1997	202.6
1998	505.8
1999	133.9
2000	115.2
2001	245.1
2002	274.4
2003	86.5
2004	112.5
2005	91.0
2006	224.5
2007	81.6
2008	238.1
2009	159.3
2010	180.8
2011	75.6
2012	208.5

Fuente: Autores.

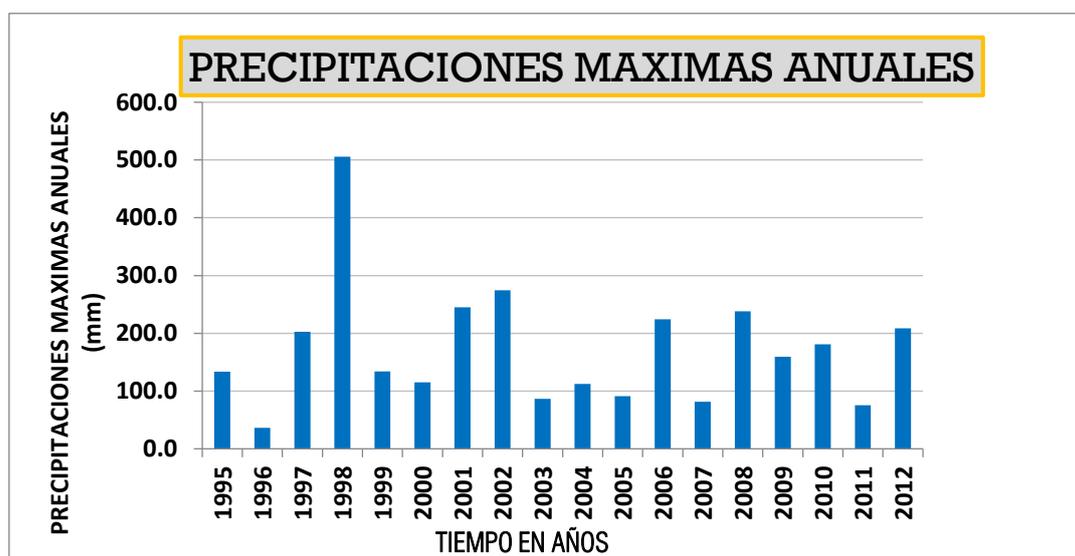


Grafico 4. Diagrama de Precipitaciones Anuales Máximas en 24 Horas

Fuente: Autores.

Tabla 22. Datos Ordenados de Mayor a menor precipitación

DATOS	P. ORDENADAS
1	505.8
2	274.4
3	245.1
4	238.1
5	224.5
6	208.5
7	202.6
8	180.8
9	159.3
10	133.9
11	133.7
12	115.2
13	112.5
14	91.0
15	86.5
16	81.6
17	75.6
18	36.5

Fuente: Autores.

Tabla 23. Estadística de la Data de Precipitaciones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
Media	172.5
Mediana	146.6
Desviación estándar	107.4
Mínimo	36.5
Máximo	505.8
Suma	3105.5
Cuenta	18

Fuente: Autores.

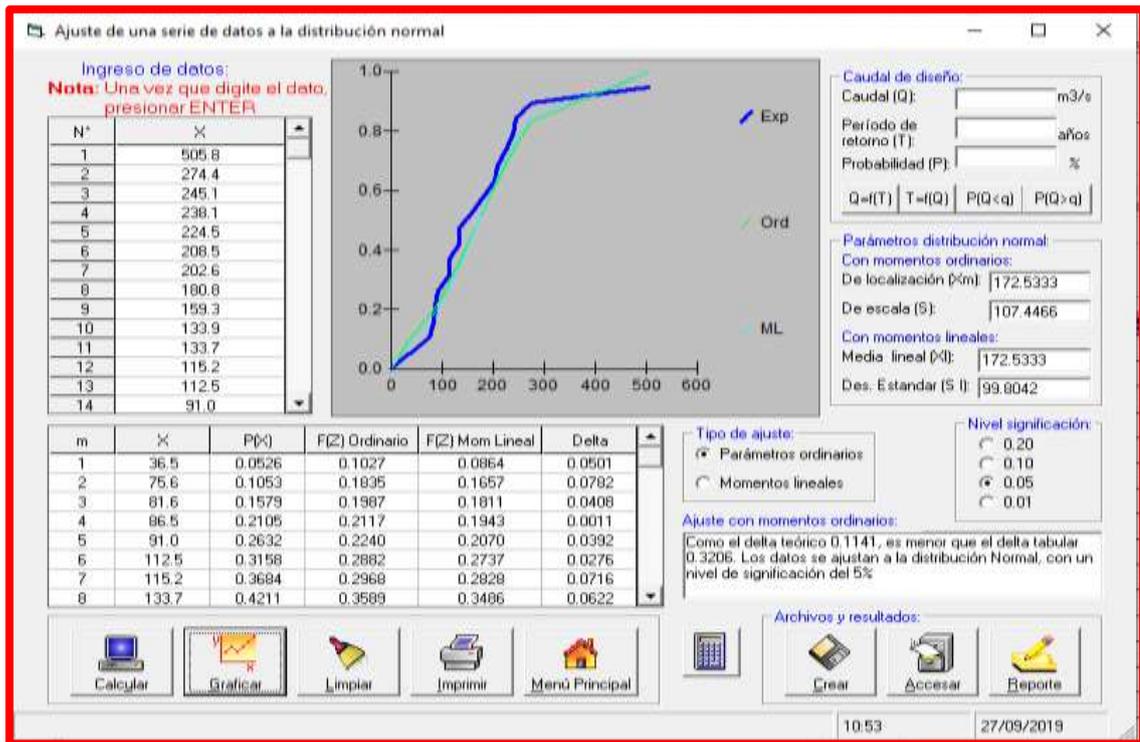


Figura 57. Análisis de Distribución Normal con Hidroesta.

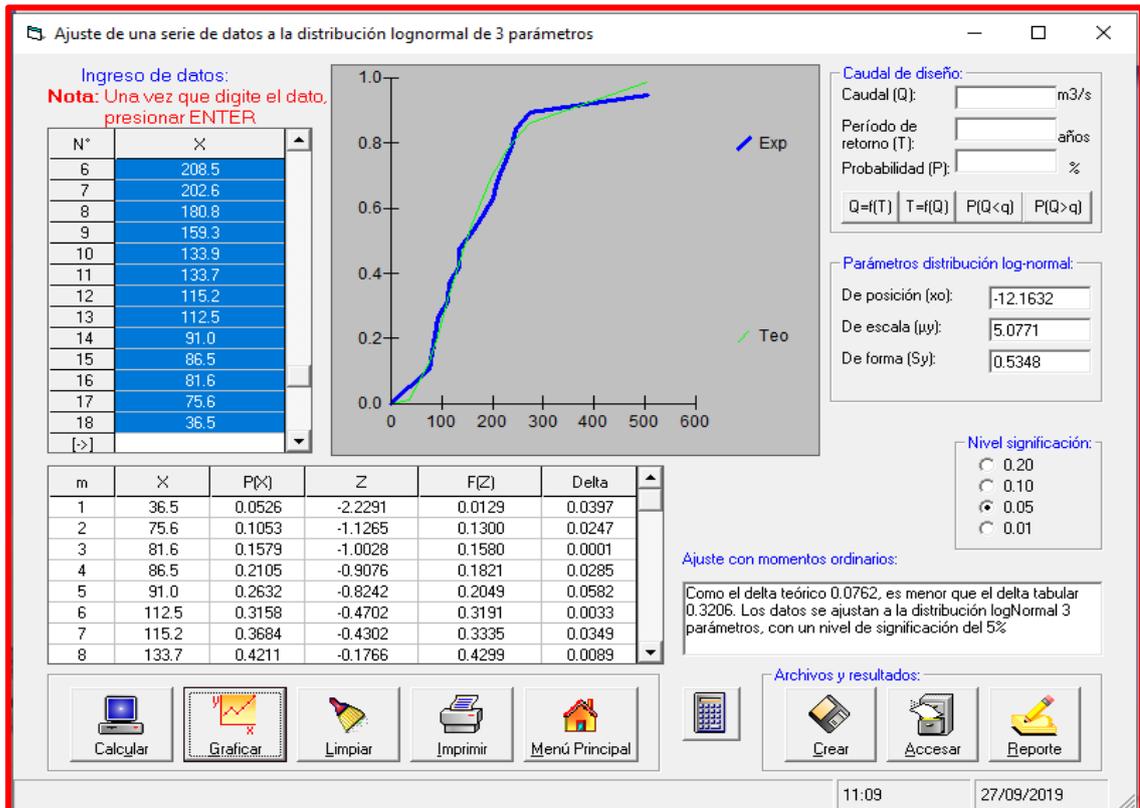


Figura 58. Análisis de Distribución Log Normal de 3 parámetros con Hidroesta.

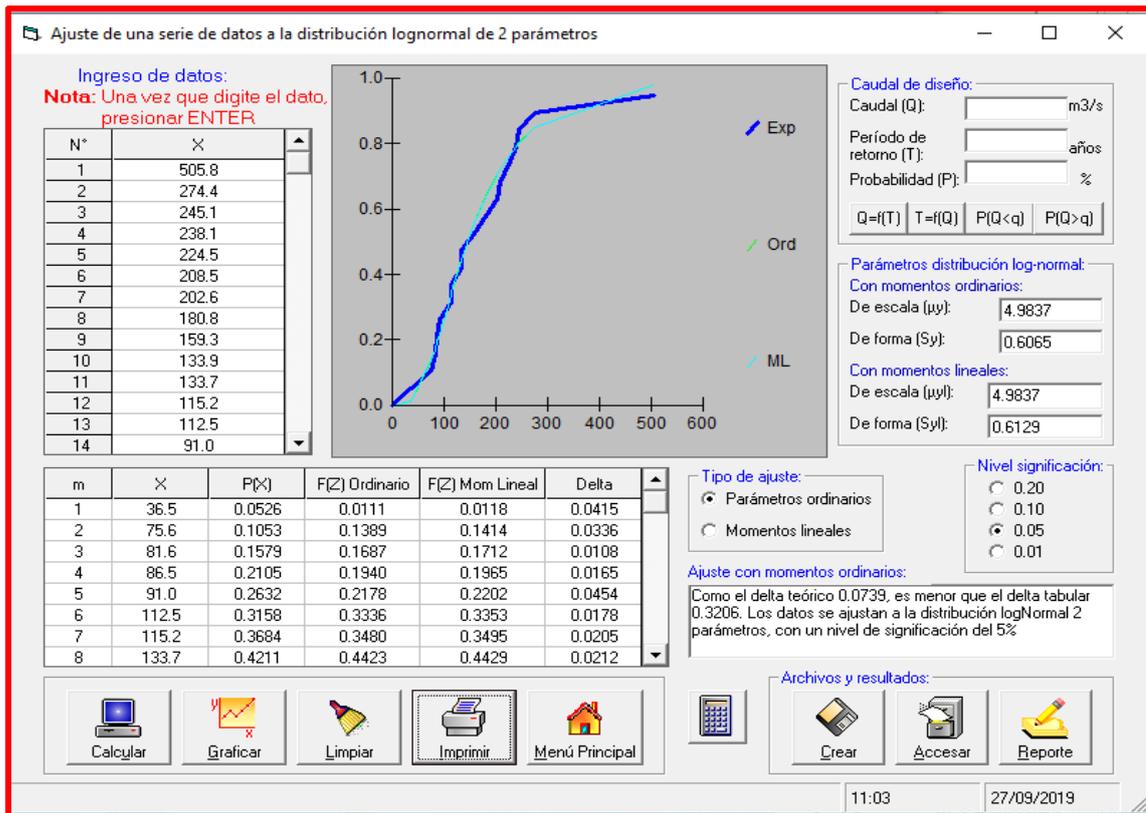


Figura 59. Análisis de Distribución Log Normal de 2 parámetros con Hidroesta.

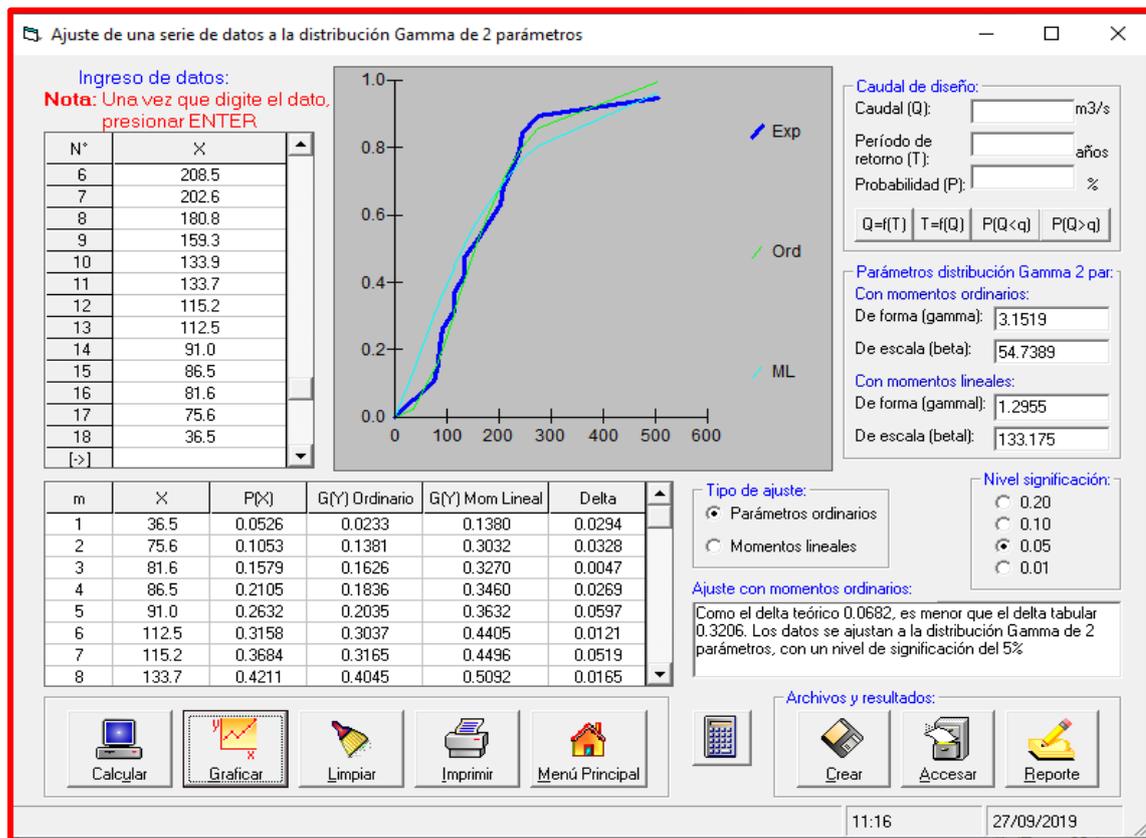


Figura 60. Análisis de Distribución Gamma de 2 parámetros con Hidroesta.

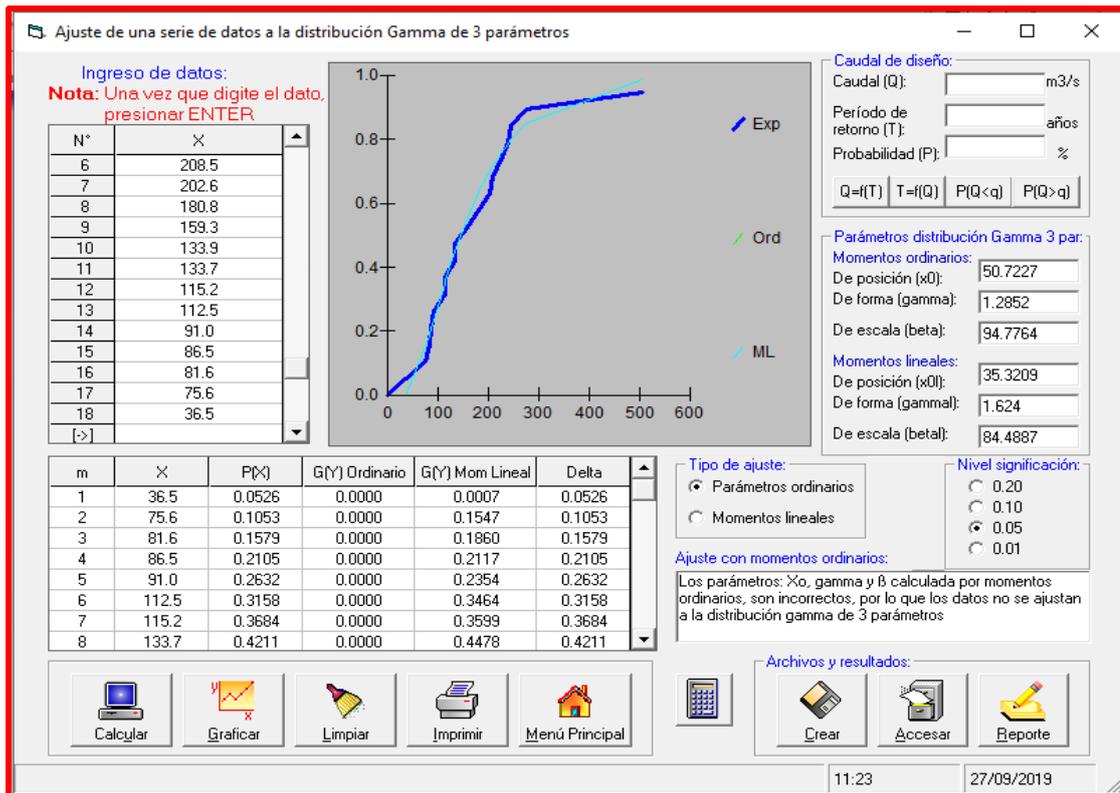


Figura 61. Análisis de Distribución Gamma de 3 parámetros con Hidroesta.

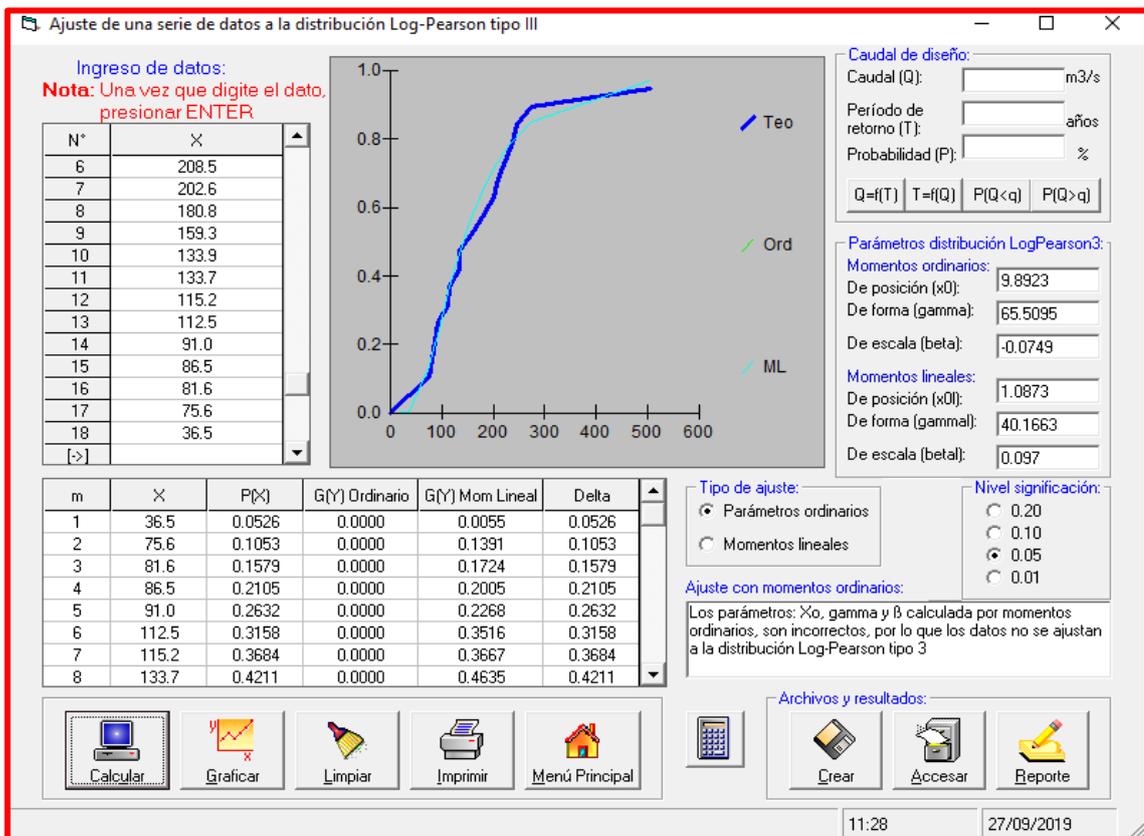


Figura 62. Análisis de Distribución Log-Pearson tipo III con Hidroesta.

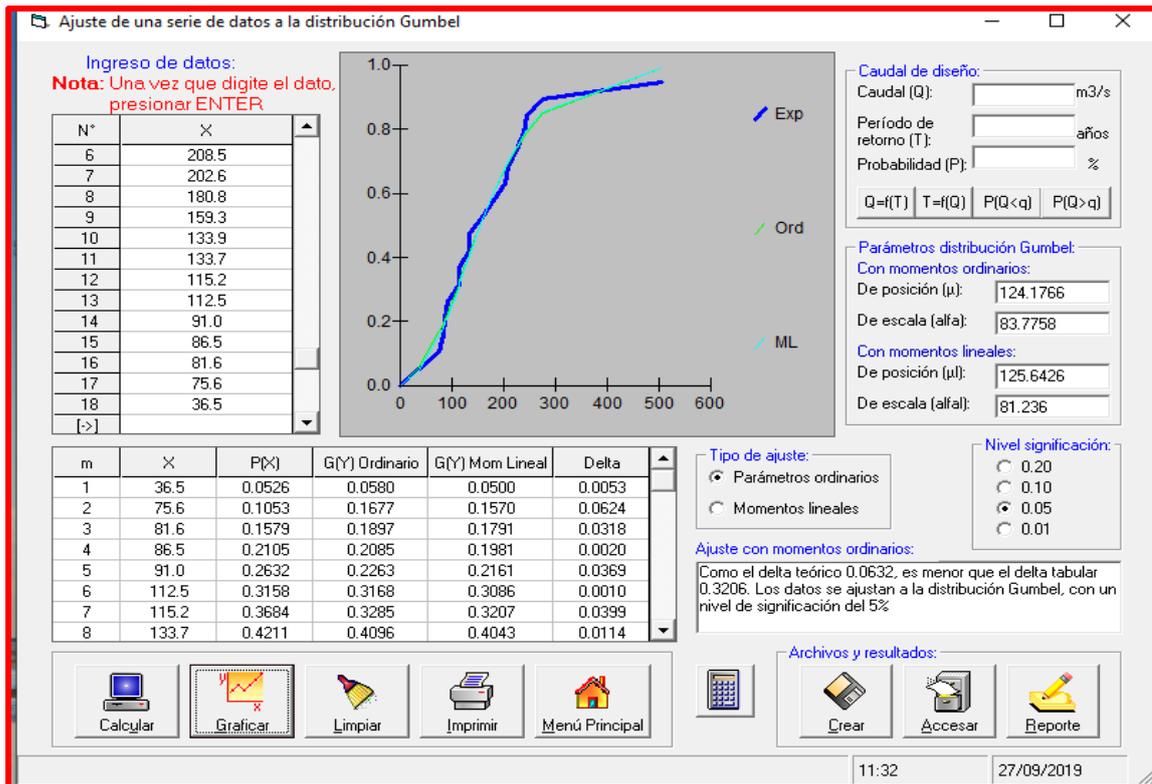


Figura 63. Análisis de Distribución Gumbel con Hidroesta.

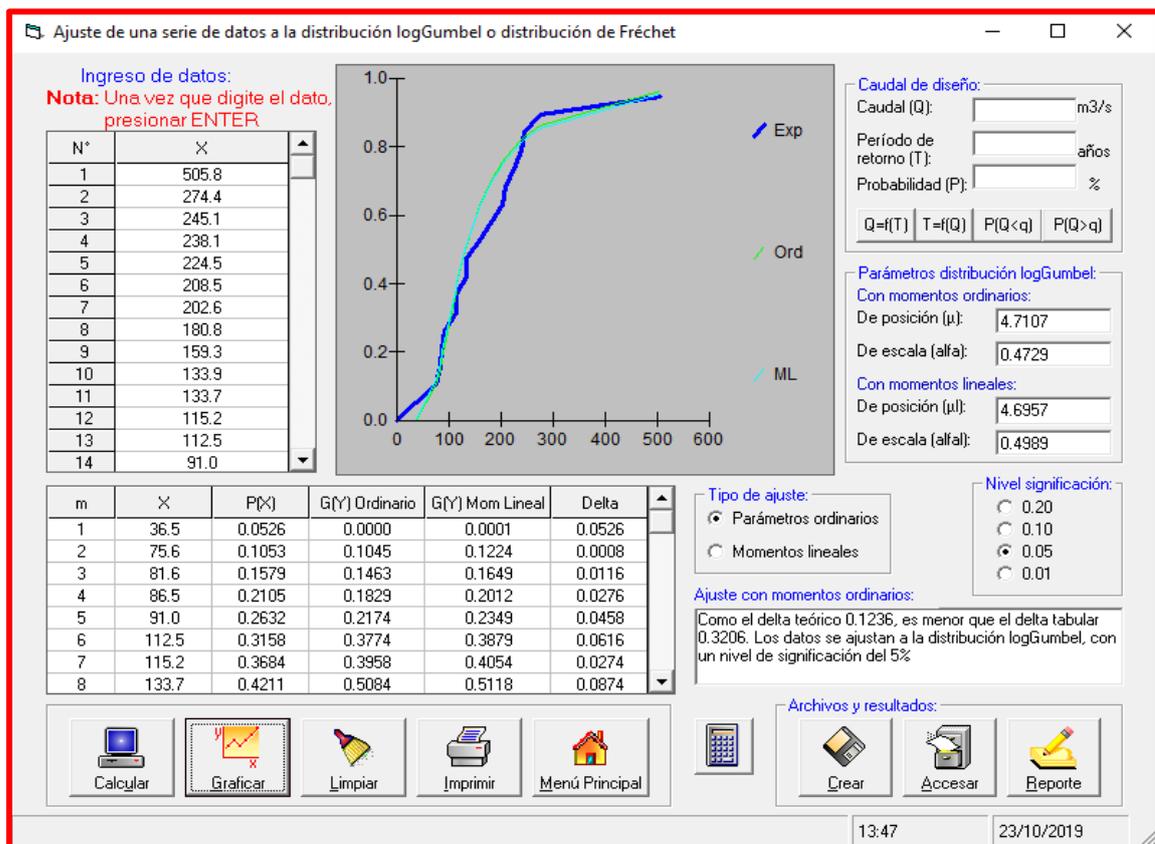


Figura 64. Análisis de Distribución de Fréchet con Hidroesta.

Tabla 24. Resumen de resultados de las distribuciones estadísticas.

DISTRIBUCIÓN	DELTA TEÓRICO	DELTA TABULAR
NORMAL	0.1141	0.3206
LOG NORMAL 2 PARAM.	0.0739	0.3206
LOG NORMAL 3 PARAM.	0.0762	0.3206
GAMMA 2 PARAM.	0.0682	0.3206
GAMMA 3 PARAM.	no se ajusta	0.3206
LOG PERSON TIPO III	no se ajusta	0.3206
GUMBEL	0.0632	0.3206
LOG GUMBEL	0.1236	0.3206

La distribución que más se ajusta es la distribución GUMBEL, así que se trabajó con esta distribución para el cálculo de la intensidad.

5.2.3. Polígono de Thiessen.

Fue diseñado con ArcGIS 10.5 y se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 25. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de los Máximos Anuales en 24 horas.

ESTACIONES	ÁREAS DE INCIDENCIA	PRECIPITACIÓN	P*A
TIGRE	5.16116452	215.9391892	1114.49768
ANGOSTURA	107.324713	179.12	19224.2126
CABO INGA	0.15475164	285.19	44.1338756
EL CAUCHO	73.4501244	534.96	39293.2388
CHACRITAS	1.72187381	173.48	298.712123
SUMA	187.812628		59974.7951
PRECIPITACIÓN MEDIA			319.333134

Fuente: Autores.

Tabla 26. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de Enero en 24 horas.

ESTACIONES	ÁREAS DE INCIDENCIA	PRECIPITACIÓN	P*A
TIGRE	5.16116452	79.17486486	408.634504
ANGOSTURA	107.324713	110.32	11840.1453
CABO INGA	0.15475164	88.65	13.7191423
EL CAUCHO	73.4501244	147.36	10823.3648
CHACRITAS	1.72187381	85.54	147.290351
SUMA	187.812628		23233.1542
PRECIPITACIÓN MEDIA			123.703898

Fuente: Autores

Tabla 27. Tabla de información de polígono de thiessen para Precipitación promedio de Febrero en 24 horas.

ESTACIONES	ÁREAS DE INCIDENCIA	PRECIPITACIÓN	P*A
TIGRE	5.16116452	162.1848649	837.062771
ANGOSTURA	107.324713	135.87	14581.9753
CABO INGA	0.15475164	144.08	22.2963539
EL CAUCHO	73.4501244	397.63	29206.3266
CHACRITAS	1.72187381	83.68	144.094743
SUMA	187.812628		44791.7558
PRECIPITACIÓN MEDIA			238.491716

Fuente: Autores

Tabla 28. Tabla de información de polígono de thiesen para Precipitación promedio de Marzo en 24 horas.

NOMBRE	ÁREAS DE INCIDENCIA	PRECIPITACIÓN	P*A
TIGRE	5.16116452	143.1972973	739.064811
ANGOSTURA	107.324713	122.39	13135.2268
CABO INGA	0.15475164	229.30	35.4841287
EL CAUCHO	73.4501244	367.94	27024.9422
CHACRITAS	1.72187381	82.64	142.299519
SUMA	187.812628		41077.0175
PRECIPITACIÓN MEDIA			218.712756

Fuente: Autores

El mapa de polígono de Thiessen se considerara en los anexos de esta Investigación.

5.2.4. Curvas de Isoyetas.

Estas curvas fueron diseñadas en ArcGIS 10.5 en base a la información de la Tabla 29, obteniendo los siguiente Resultado:

Tabla 29. Datos de Estaciones para Diseñar Curvas Isoyetas en ArcGIS 10.5

Nombre	X	Y	Z
EL TIGRE	559223.516	9589173.01	143.20
HITO BOCANA	590666.789	9567039.75	198.63
CONDOR FLORES	594591.712	9570517.89	334.20
CABO INGA	562906.79	9561535.6	229.30
RICA PLAYA	555417.674	9579432.45	160.55
CHACRITAS	570329.658	9591008.04	82.64
ANGOSTURA	566622.933	9583641.23	122.39
EL CAUCHO	581424.085	9578102.71	367.94
HITO COTRINA	592528.104	9578092.6	488.59
MATAPALO	588841.844	9594677.95	170.95

Fuente: Autores

➤ Resultados:**Tabla 30.** Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de los Máximos Anuales en 24 horas.

POL	ÁREA	PRECIPITACIÓN			PROM	PM*A
		INICIO		FIN		
0	24.9592	210		180	195	4867.044
1	23.04992	180		150	165	3803.236
2	19.41073	240		210	225	4367.415
3	17.70032	270		240	255	4513.582
4	18.14616	300	270	300	270	5171.655
5	15.96692	330		300	315	5029.579
6	14.62526	360		330	345	5045.715
7	13.8437	390		360	375	5191.388
8	12.23782	420		390	405	4956.318
9	10.28504	450		420	435	4473.994
10	8.943633	480		450	465	4158.789
11	5.998579	510		480	495	2969.297
12	2.64534	540		510	525	1388.803
	187.8126					55936.82
PRECIPITACIÓN MEDIA MÁXIMOS ANUALES						297.8331

Fuente: Autores

Tabla 31. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Enero en 24 horas.

POL	ÁREA	PRECIPITACIÓN			PROM	PM*A
		INICIO		FIN		
0	0.543429	80		100	90	48.90857
1	66.97659	100	120	100	120	7367.425
2	95.91214	120		140	130	12468.58
3	9.89509	160		140	150	1484.264
4	14.45694	100		80	90	1301.125
5	0.028437	80		60	70	1.990609
SUMA	187.8126			SUMA		22672.29
PRECIPITACIÓN MEDIA ENERO						120.7176

Fuente: Autores

Tabla 32. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Febrero en 24 horas.

POL	ÁREA	PRECIPITACIÓN			PROM	PM*A
		INICIO		FIN		
0	11.519	120		90	105	1209.5
1	28.991	150		120	135	3913.7
2	26.606	180	150	180	165	4389.9
3	29.977	210		180	195	5845.5
4	26.595	240		210	225	5983.9
5	20.99	270		240	255	5352.5
6	16.114	300		270	285	4592.5
7	12.404	330		300	315	3907.2
8	8.4027	360		330	345	2898.9
9	5.4897	390		360	375	2058.6
10	0.7251	420		390	405	293.67
	187.81			SUMA		40446
PRECIPITACIÓN MEDIA FEBRERO						215.35

Fuente: Autores

Tabla 33. Datos de Isoyetas en Precipitación promedio de Marzo en 24 horas.

POL	ÁREA	PRECIPITACIÓN			PROM	PM*A
		INICIO		FIN		
0	24.72	120		90	105	2595.7
1	24.957	150		120	135	3369.2
2	25.049	180		150	165	4133.1
3	27.553	210	180	210	180	5372.8
4	29.015	240		210	225	6528.4
5	22.299	270		240	255	5686.1
6	15.95	300		270	285	4545.8
7	10.983	330		300	315	3459.5
8	6.5004	360		330	345	2242.6
9	0.7867	390		360	375	295.02
	187.81			SUMA		38228
PRECIPITACIÓN MEDIA MARZO						203.54

Fuente: Autores

Cabe señalar que los mapas de Isoyetas por cada análisis serán considerados en los Anexos de Esta Investigación.

5.2.5. Precipitación Media de la Cuenca Seca Angostura Cabuyal.

Tabla 34. Resultado de la Precipitación Media de la cuenca

TIPO	MÉTODOS		PRECIPITACIÓN DISEÑO
	THIESSEN	ISOYETAS	
PROMEDIO PRECIPITACIÓN MAX ANUALES	319.333134	297.833094	308.5831143
PROMEDIO ENERO	123.703898	120.717604	122.2107511
PROMEDIO FEBRERO	238.491716	215.353021	226.9223681
PROMEDIO MARZO	218.712756	203.544137	211.1284469
PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA			217.2111701

Fuente: Autores

Cabe señalar que esta precipitación de la Cuenca se obtuvo promediando los Métodos de Thiessen e Isoyetas.

5.2.6. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F).

Tabla 35. Diseño de Precipitaciones Máximas para periodos de Retorno con distribución Gumbel en el programa Hidroesta

Tr	P(mm)
2	190.38
5	284.77
10	356.18
20	427.58
25	450.57
50	521.97
100	593.38
200	664.78
500	759.17

Fuente: Autores.

Tr	P(mm)	Intensidades (mm/hora)															
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	48.0
		0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32
2	190.38	47.60	29.51	24.11	20.94	19.04	17.77	15.23	13.90	12.53	11.29	10.35	9.52	8.85	8.39	7.93	5.24
5	284.77	71.19	44.14	36.07	31.32	28.48	26.58	22.78	20.79	18.75	16.88	15.48	14.24	13.24	12.56	11.87	7.83
10	356.18	89.05	55.21	45.12	39.18	35.62	33.24	28.49	26.00	23.45	21.12	19.37	17.81	16.56	15.70	14.84	9.79
20	427.58	106.90	66.27	54.16	47.03	42.76	39.91	34.21	31.21	28.15	25.35	23.25	21.38	19.88	18.85	17.82	11.76
25	450.57	112.64	69.84	57.07	49.56	45.06	42.05	36.05	32.89	29.66	26.71	24.50	22.53	20.95	19.87	18.77	12.39
50	521.97	130.49	80.91	66.12	57.42	52.20	48.72	41.76	38.10	34.36	30.95	28.38	26.10	24.27	23.01	21.75	14.35
100	593.38	148.35	91.97	75.16	65.27	59.34	55.38	47.47	43.32	39.06	35.18	32.27	29.67	27.59	26.16	24.72	16.32
200	664.78	166.20	103.04	84.21	73.13	66.48	62.05	53.18	48.53	43.76	39.41	36.15	33.24	30.91	29.31	27.70	18.28
500	759.17	189.79	117.67	96.16	83.51	75.92	70.86	60.73	55.42	49.98	45.01	41.28	37.96	35.30	33.47	31.63	20.88

Figura 65. Datos para el Diseño de las curvas (I-D-F), Procesados en Excel 2013, considerando los coeficientes de duración del Ministerio de Transportes

Fuente. Autores.

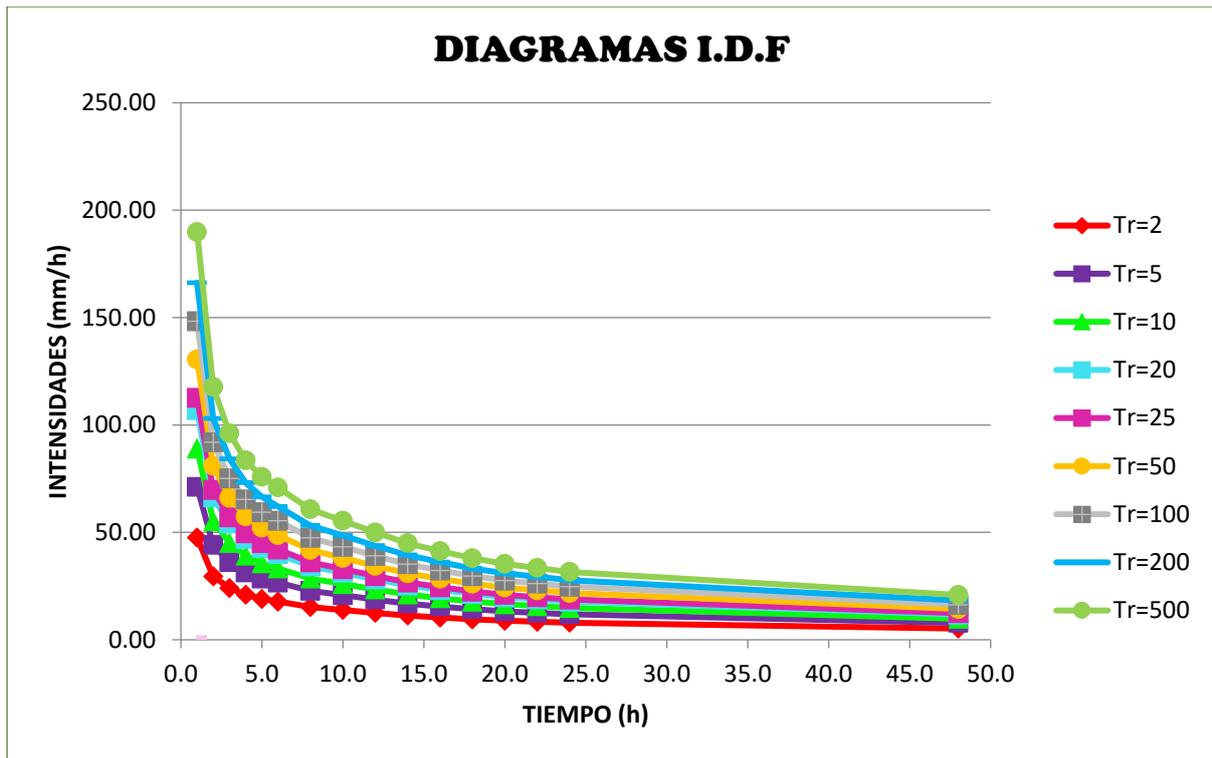


Grafico 5. Curvas de Intensidad, Duración Y Frecuencia De la Cuenca Angostura Cabuyal.

Fuente: Autores.

Tabla 36. Ecuaciones de las curvas IDF.

ECUACIÓN POTENCIAL DE CADA CURVA IDF	
TR	ECUACIÓN
2	$Y = 46.07 * X^{-0.55}$
5	$Y = 68.91 * X^{-0.55}$
10	$Y = 86.49 * X^{-0.55}$
20	$Y = 103.47 * X^{-0.55}$
25	$Y = 109.04 * X^{-0.55}$
50	$Y = 126.33 * X^{-0.55}$
100	$Y = 143.60 * X^{-0.55}$
200	$Y = 160.89 * X^{-0.55}$
500	$Y = 183.72 * X^{-0.55}$

Fuente: Autores

5.3. Estimación del Caudal Máximo de diseño en el Uso de Modelos estocásticos, estadísticos, matemáticos y empíricos de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.

5.3.1. Método Racional Modificado.

Tabla 37. Datos de Intensidad para diferentes periodos de Retorno.

INTENSIDAD MÁXIMA	
TR AÑOS	I (mm/h)
2	13.8659
5	21.0314
10	25.8392
20	31.1426
25	32.8161
50	38.0163
100	43.2176
200	48.4182
500	55.2933

Fuente: Autores.

Esta intensidad fue obtenida de las ecuaciones de curvas IDF “Tabla 36”, donde “X” Representa el Tiempo de Concentración y “Y” la intensidad de acuerdo a cada periodo de retorno.

Tabla 38. Tabla de las variables que corresponden al Método Racional Modificado

VARIABLE	UNIDAD	RESULTADO
<i>C</i>	<i>Adimensional</i>	<i>0.3</i>
<i>A</i>	<i>Km²</i>	<i>187.81</i>
<i>K</i>	<i>Adimensional</i>	<i>1.53</i>

Fuente: Autores.

Para el coeficiente de cobertura (C) se tomó como base la Figura 12, dato que corresponde a una Cuenca con Bosque y densa Vegetación suelo Semipermeable con una pendiente de Cauce suave (>1%); así mismo para el Coeficiente de Uniformidad (K) tuvo como única Variable el Tiempo de Concentración (Tc)

calculado en las Características Geomorfológicas de la Cuenca al igual que El Área de Nuestra Cuenca en Estudio.

Tabla 39. Caudales Máximos para periodos de Retorno con el Método Racional Modificado, procesado en Excel 2013.

TR (AÑOS)	Q Max (m ³ /s)
2	331.677
5	496.134
10	618.083
20	744.942
25	784.973
50	909.363
100	1033.78
200	1158.18
500	1322.64

Fuente: Autores.

5.3.2. Método de Creager.

Tabla 40. Variables Requeridas.

DONDE:	
Q	CAUDAL MÁXIMO (m ³ /s)
C ₁ ;C ₂	COEFICIENTES ADIMENSIONALES; POR REGIONES HIDRÁULICAS
A	ÁREA DE LA CUENCA APORTANTE (Km ²)
T	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS
m,n	EXPONENTES ADIMENSIONALES POR REGIONES HIDRÁULICAS

Fuente: Propia

Tabla 41. Datos usados en Variables del Método.

AREA (Km²)	187.81
C1	1.01
C2	4.37
m	1.02
n	0.04

Fuente. Autores.

Podemos señalar lo siguiente. El Área de la cuenca es un dato tomado de las Características Geomorfológicas de esta cuenca, por otro lado C1, C2, m y n dependen de las Región Hidráulica a la que pertenece nuestro Departamento de Tumbes según la Figura 13, en este caso es la “Región Hidráulica 1” y por ende se toman los datos de esa Región según Tabla 10.

Tabla 42. Caudales Máximos para periodos de Retorno con el Método de Creager, procesado en Excel 2013.

TR (AÑOS)	Q (m³/s)
2	123.14
5	285.92
10	409.06
20	532.20
25	571.84
50	694.98
100	818.11
200	941.25
500	1104.03

Fuente: Autores.

5.3.3. Caudales Máximos de la Cuenca Seca Angostura Cabuyal para determinados Periodos de Retorno.

Tabla 43. Caudales Máximos de la cuenca Angostura Cabuyal.

TR (AÑOS)	Probabilidad p= (1/Tr)*100	Q (m³/s)		
		RACIONAL	CREAGER	PROMEDIO
2	50	331.68	123.14	227.41
5	20	496.13	285.92	391.03
10	10	618.08	409.06	513.57
20	5	744.94	532.20	638.57
25	4	784.97	571.84	678.40
50	2	909.36	694.98	802.17
100	1	1033.78	818.11	925.95
200	0.5	1158.18	941.25	1049.72
500	0.2	1322.64	1104.03	1213.33

Fuente: Autores.

Es importante mencionar, que el caudal de Diseño de la cuenca corresponde al promedio entre los métodos Racional Modificado y el Método de Creager

5.4. Diseño de las Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña, utilizando el Caudal Máximo Estimado por los Métodos Preestablecidos en la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal

5.4.1. Ancho Estable

Las Variable principales que pide el programa River son (Caudal máximo, “en este caso se consideró el Q máx, para $T_r= 50$ años” y la pendiente que se ha considerado la de la parte baja del cauce según Figura 55 que 0.5 % pero en este caso se pide la pendiente de Maning que seria 0.005).

Figura 66. Calculo del Ancho Estable, diferentes métodos con el Programa River de ANA

5.4.2. Sección Teórica

Las características de la sesión Típica para una Obra de Defensa Ribereña Lateral son: Un ancho Estable (B) de 106 m, una Superficie libre de (T) 114.02m, Un talud (Z) de 2, Un Área Húmeda de 220.57 m². Un perímetro Húmedo de 114.97 m, Un Bordo libre (Bl) de 0.8 m y una velocidad de 3.639 m/s, todo esto obtenido en el programa RIVER del ANA, como se muestra en la Figura 67.

The screenshot shows the 'CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES' window. The project title is 'DISEÑO HIDRAULICO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA QUEBRADA CABUYAL'. The interface is divided into several sections:

- Información Inicial:** Caudal (Q) 802.17, P. Retorno 50, Pendiente 0.00500.
- Ancho Estable del Cauce (B):** A list of methods with values: Recomendación Práctica (89.42), Método de Parilla (125.75), Método de Simons y Henderson (79.30), Método de Simons y Shanon (145.00), Método de Manning y Simons (92.53).
- Sección Teórica del Cauce:** Método de Manning (106.00).
- Plantilla (B):** 106.00.
- Tirante (Y):** 2.00, **Ancho (T):** 114.02, **Talud (Z):** 2.00.
- Área (A):** 220.57, **Perímetro:** 114.97, **B. Libre (Bl):** 0.80.
- Velocidad:** 3.639, **N² Froude:** 0.821, **Rugosidad:** 0.0300.
- Dimensiones del Dique:** Forma Dique (Recto selected), Tipo de Suelo (No Coheivo selected), Dm (mm) and Radio Curva fields are empty.
- Dique en Recta / Dique en Curva:** Tirante de Socavación (m) and Profundidad de Socavación (m) fields are empty.
- Altura de Uña, Altura de Dique, and Altura Total (m):** All fields are empty.

On the right side, there are two photographs: the top one shows a cross-section of a dike structure, and the bottom one shows a wide river channel with a dike in the background.

Figura 67. Datos de la Sección Teórica Con Programa River del ANA

5.4.3. Profundidad de Socavación.

La profundidad de socavación es de 2.5 m que al sumarle el tirante hidráulico de 2 m nos da un tirante de socavación de 4.5 m como se muestra en la Figura 68.

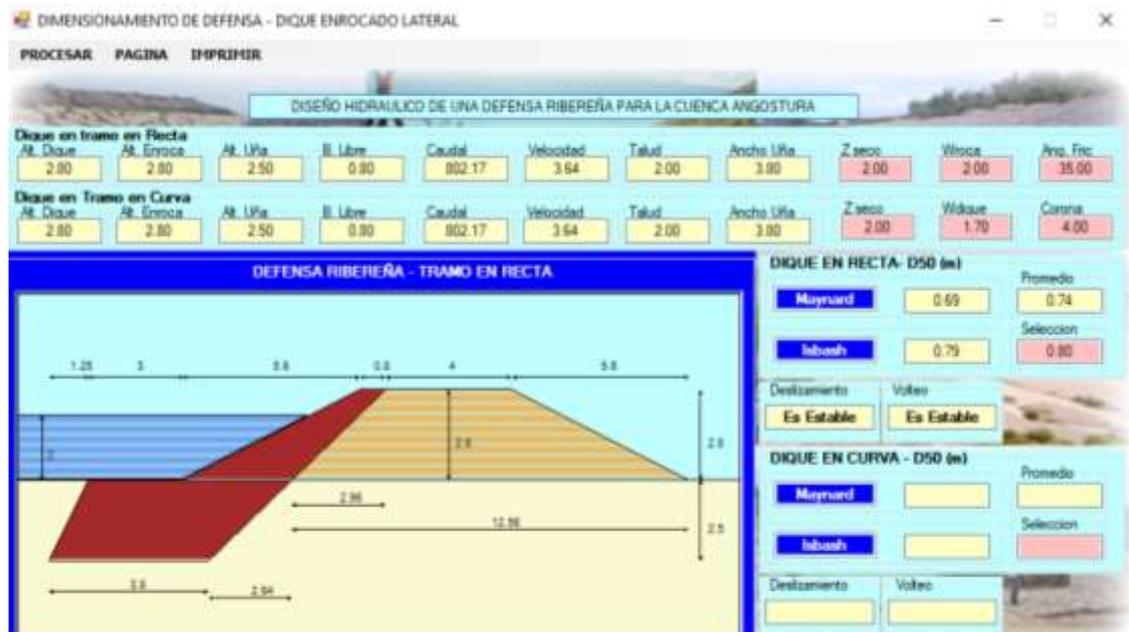


Figura 68. Diseño Hidráulico de Una Defensa Ribereña con el Programa River del ANA

Fuente: Autores.

VI. DISCUSIONES

6.1. Determinación de las Características geomorfológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.

Como refiere PEBPT, (1979; p. 17). “La Cuenca Quebrada Angostura, tiene una extensión de 18 696 has, es asimétrica con mayor extensión en su margen izquierda, y de forma similar a una pera, es bastante circular, como lo confirma su índice de compacidad ($I_c=1.40$)”. Difiriendo así en algunos puntos de los resultados de nuestra tesis; ya que se obtuvo una extensión de 18 781 Has y un Índice de compacidad o coeficiente de Gravilius ($K_c= 1.62$), evidenciando así una cuenca oblonga a Rectangular Alargada.

PEBPT, (1979; p. 17). También concluye que. “Esta cuenca está encontrando un Estado de Equilibrio Erosivo, estando en una fase de Madurez”. Coincidiendo así con el resultado de nuestra Curva Hipsométrica.

6.2. Características Hidrológicas de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal

Como refiere Gonzales, F. & Ortegón, J. (2016; p. 60). “La cuenca hidrográfica de la quebrada seca Guaguaqui del Departamento de Boyacá en Bogotá, tiene una longitud de 12,86 Km, en su cauce principal; El tiempo de concentración es 118 minutos, este tiempo determina la intensidad a partir de las curvas IDF suministradas por el proyecto de grado: construcción y análisis de curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) para las estaciones de Otanche y Villa Luisa en el departamento de Boyacá. Elaborado por cesar Oswaldo Bohórquez Salgado. En función de los periodos de retorno, 5 años corresponde a una intensidad de 49 mm/h, 10 años una intensidad de 55 mm/h, 25 años una intensidad de 67 mm/h, para 50 años una intensidad de 73 mm/h y para 100 años una intensidad de 82 mm/h”. De igual Forma según nuestra

Investigación; la Cuenca Hidrográfica de la Quebrada Seca Angostura Cabuyal posee una Longitud de 34 Km en su cauce principal, con un tiempo de concentración de 540 minutos, definiendo con este dato la intensidad a través de las curvas IDF diseñadas por los autores de esta tesis. En función de los periodos de retorno, 5 años corresponde a una intensidad de 21.0314 mm/h, 10 años una intensidad de 25.8392 mm/h, 25 años una intensidad de 32.8161 mm/h, para 50 años una intensidad de 38.0163 mm/h y para 100 años una intensidad de 43.2176 mm/h”

6.3. Estimación del Caudal Máximo de diseño en el Uso de Modelos estocásticos, estadísticos, matemáticos y empíricos de la Cuenca Seca Quebrada Angostura Cabuyal.

En el año 2016 el Gobierno Regional de Tumbes Realizo un proyecto titulado **CREACIÓN DEL PUENTE CABUYAL EN EL CENTRO POBLADO CABUYAL DEL DISTRITO DE PAMPAS DE HOSPITAL, PROVINCIA DE TUMBES, DEPARTAMENTO DE TUMBES LUZ = 54.86 m**, donde concluyó que. “Quebrada angostura posee Un Coeficiente de cobertura ($C=1$), una Intensidad de 8.82 mm/h, un coeficiente de Uniformidad ($K=1.52$); una Extensión en la Cuenca ($A=42.5 \text{ Km}^2$) y un Caudal estimado por el método Racional Modificado de $158.3576 \text{ m}^3/\text{s}$ ”. Esto difiere a los Resultados analizados en nuestra Tesis, ya que se concluyó que la Cuenca Angostura posee Un Coeficiente de cobertura ($C=0.3$); una Intensidad Para Diferentes periodos de Retorno desde 2 hasta 500 años cuyos resultados van desde los 13.8659 mm/h hasta los 55.2933 mm/h; un coeficiente de Uniformidad ($K=1.53$); una Extensión en la Cuenca ($A=187.81 \text{ Km}^2$) y un Caudal de diseño para los periodos de retorno de las intensidades, estimado por el método Racional Modificado cuyos resultados van desde los $331.67 \text{ m}^3/\text{s}$. hasta $1322.64 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.4. Diseño de las Características Hidráulicas de Una Defensa Ribereña.

Realizando un análisis como autores de esta investigación podemos referir. “Las Variables principales que nos permitieron calcular estas características fueron: (Caudal máximo, “en este caso se consideró el Q máx, para $T_r = 50$ años” y la pendiente que se ha considerado la de la parte baja del cauce según Figura 55 que es 0.5 % pero en este caso se pide la pendiente de Manning que sería 0.005), dándonos como resultados, una sección Típica para una Obra de Defensa Ribereña Lateral que posee las siguientes características, un ancho Estable (B) de 106 m, una Superficie libre de (T) 114.02m, Un talud (Z) de 2, Un Área Húmeda de 220.57 m². Un perímetro Húmedo de 114.97 m, Un Bordo libre (Bl) de 0.8 m, una velocidad de 3.639 m/s y una profundidad de socavación es de 2.5 m que al sumarle el tirante hidráulico de 2 m nos da el tirante de socavación de 4.5 m”.

VII. CONCLUSIONES

- Los caudales máximos obtenidos a partir de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura cabuyal resultan del promedio de los resultados entre los métodos racional modificado y el método de Creager definido para cada periodo de retorno obteniendo caudales en un rango desde los 227.41 m³/s hasta alcanzar 1213.33 m³/s entre 2 y 500 años de periodo de retorno respectivamente así como lo demuestra la tabla de resultados (Tabla N°43).
- La Cuenca hidrográfica Angostura Cabuyal posee una superficie de 187.81 km² y un perímetro de 79.16 km estos valores definen que la cuenca en mención es pequeña sustentado en la Figura 44 de los Anexos de esta investigación. La cuenca tiene una forma muy poco Achatada según Figura 45 de anexos, ya que su factor de forma corresponde a 0.16. Así mismo posee un Índice de compacidad o Coeficiente de gravilius de 1.62, lo que nos indica que es una cuenca Oblonga Rectangular alargada según Figura 46 de los Anexos.
- De acuerdo con nuestra Curva Hipsométrica Diseñada se puede evidenciar que Esta cuenca está encontrando un Estado de Equilibrio Erosivo, pues se encuentra ubicada en una fase de Madurez de acuerdo con la Figura 69 de los anexos.
- La Cuenca hidrográfica de la quebrada Angostura Cabuyal tiene una longitud de 34 kilómetros en su cauce principal que junto a la pendiente de 2% nos genera un tiempo de concentración de 9 horas, este resultado define la intensidad de precipitación a partir del diagrama de curvas IDF, las mismas que se han generado a través del diseño de precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de Retorno usando la Distribución Gumbel que es la que más se ajusta a nuestra data de la Estación Angostura “Tabla 35” y siendo distribuidas para diferentes duraciones a través de los Coeficientes de Duración del Ministerio de Transportes “Tabla 9”.

- Se consideró el caudal máximo de la Cuenca Angostura para un periodo de retorno de 50 años que es de $802.17 \text{ m}^3/\text{s}$ según Tabla 43 y una pendiente de la parte Baja de La cuenca de 0.5% según la Tabla 18 como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una Defensa Ribereña, obteniendo: Un ancho Estable (B) de 106 m, una Superficie libre de (T) 114.02m, Un talud (Z) de 2, Un Área Húmeda de 220.57 m^2 . Un perímetro Húmedo de 114.97 m, Un Bordo libre (Bl) de 0.8 m, una velocidad de 3.639 m/s y una profundidad de socavación es de 2.5 m que al sumarle el tirante hidráulico de 2 m nos general el tirante de socavación d 4.5 m

VIII. RECOMENDACIONES

- Promover el uso de Programas especializados en caracterización de cuencas como lo es el ArcGIS 10.5, esto nos permite optimizar el tiempo de análisis Morfológico.
- Sugerir al departamento de Matemáticas de la Universidad Nacional de Tumbes, ajustar los cursos de acuerdo a la necesidad de cada Carrera profesional.
- Instar a las Autoridades competentes de Nuestra Región, crear un plan de Gestión y Monitoreo de los Recursos Hídricos de la Cuenca Angostura Cabuyal, con fines de optimización de los mismos; en el cual se pueda Instalar Equipos Sofisticados que permitan obtener diariamente los caudales existentes en esta cuenca.
- Promover el empleo de estos dos métodos de cálculo de Caudal en cualquier Cuenca Seca de las Regiones del Perú. Pues su proceso nos generan confiabilidad en los Resultados.
- En base al análisis de aporte que la Cuenca Angostura Cabuyal genera en el Rio Puyango Tumbes con un promedio porcentual de aporte de 19.48 % más con respecto a los caudales registrados en la estación el tigre como lo muestra La Tabla 60 de los anexos. Recomendamos la construcción de una presa que permita almacenar agua para ser usada en la ampliación de la Frontera Agrícola en los distritos de Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen; así como para laminar las máximas avenidas y se disminuya en casi un 20% el caudal máximo en el cauce del Río Tumbes en los sectores del Distrito de Pampas de Hospital hasta llegar a Tumbes y disminuir las áreas inundables, optimizando los diseños de las obras de defensas ribereñas (Encauzamientos, endicamientos, muros longitudinales, espigones, etc).

IX. REFERENCIAS

- Alvarado, E. (2004).** *Modelación del proceso lluvia escorrentía usando sistemas de Información geográfica (Tesis de Pregrado).* **Universidad de Piura, Piura, Perú.**
- Alvarado, L & henriquez, L. (2014).** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del Rio chicama tramo puente punta moreno – Pampas de Jaguey aplicando el programa river. (Tesis de Pregrado).* **Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.**
- Bermeo, S; León A & López, H. (2018).** *Estimación de los Caudales Máximos y Caracterización Morfométrica de la Subcuenca del cauce en el sector Hidrodependiente del Municipio de san Francisco – Cundinamarca. (Tesis de Posgrado).* **Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.**
- Canllahui, A. (2013).** *Análisis Comparativo de Métodos de Estimación de Avenidas de Diseño Del Río verde-Cabanilla- Puno (Tesis de Pregrado).* **Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú.**
- Diaz, U; Gucaneme, D & Alonso, F. (2017).** *Estimación de Caudales Máximos para el Sector Hidrológico de la Quebrada el Diamante, mediante modelación con HEC-HMS. (Tesis de Posgrado).* **Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.**
- Gobierno Regional de tumbes. (2016).** *Expediente Técnico Creación del PUENTE Cabuyal en el Centro Poblado Cabuyal del Distrito de Pampas de Hospital, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes LUZ = 54.86 m*
- Gonzales, F. & Ortegón, J. (2016).** *Cálculo del Caudal de la Cuenca Hidrológica de la Quebrada Guaguaqui, del Departamento de Boyacá, por el método racional. (Trabajo de Grado).* **Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.**
- Gutiérrez, R. (1979).** *Comisión multisectorial del plan nacional de ordenamiento de los Recursos hidráulicos del Perú. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/>*
- IBAL S.A. (2009).** *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Microcuenca de las Quebradas Las Panelas y La Balsa. Recuperado de: http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/DIAGNOSTICO/2.2ASPECTOS_BIOFISICOS.pdf*

Luna, Leopold. (2012). *Fluvial Processes in Geomorphology.*

Recuperado de <http://www.amazon.es/>

Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978). *Estudio de los Parámetros*

Geomorfológicos de una Cuenca. Boletín Técnico Nro. 2. Perú. PP 32.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú (2019). *Manual de Hidrología,*

Hidráulica y Drenaje. Lima. Perú. Editorial ICG PT-55.

Naranjo, M. (2011). *Estimación de Caudales Máximos en Cuencas sin Información.*

Recuperado de <http://es.slideshare.net/>

Nava, F. (2006). *Distribución del agua y la contribución a la producción nacional.*

Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/>

Pérez, G. (2015). *Manual de Hidrología Aplicada.* Recuperado de <http://civilgeeks.com/>

Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes. (1979). *Características Físicas de la*

cuenca Piloto Quebrada de la Angostura. tumbes: republica del peru. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/>

Puño, N. (Noviembre del 2015). Curso de Especialización denominado: *Fortalecimiento par*

la Integración de la Variabilidad Cambio Climático en los Procesos de Programación Territorial Región Tumbes.

Raudkivi, A. (1979). *Hydrology. An advanced introduction to hydrological processes and*

Modelling. New Zelanda. Editorial Pergamon Press.

Rivera, S. (2007). *Metodología para el Análisis hidrológico de Cuencas rurales de*

Pequeñas Dimensiones (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Mexico.

Mexico.

Sandoval, W, R. (2014, Diciembre). *Determinación de Caudales en Cuencas con poca*

Información Hidrológica. Revista Ciencia UNEMI. Recuperado de

<http://dialnet.unirioja.es/>

Santa, C. (2010). *Caudales de Diseño en el Río Piura y su variación histórica ante el Fenómeno El niño (Tesis de Pregrado).* **Universidad de Piura, Piura, Perú.**

Torres. R. D (2011). *Informe técnico Infraestructura para el aprovechamiento Hidráulico.*
Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/>

Universidad Nacional de la Plata. (1987). *Investigación hidrológica de la Cuenca del Arroyo Azul, Provincia de Buenos Aires (Informe N°37).* Recuperado de <http://core.ac.uk/>

Vásquez. A. (Ed.). (2016). *Manejo y Gestion de Cuencas Hidrográficas.* **Lima, Perú.**
Editorial UNALM

Villón, M. (2016). *HEC-HMS Ejemplos.* **Lima, Perú.** **Editorial villón.**

Villón, M. (2016). *HEC-RAS ejemplos.* **lima, Perú.** **editorial villón.**

Villón, M. (2002). *Hidrología.* **Lima, Perú.** **Editorial villón.**

World Meteorological Organization. (2012). *International Glossary of Hydrology.*

Recuperado de <http://www.wmo.int/>

X. ANEXOS

10.1. Valores Referenciales Para Características Geomorfológicas.

Tabla 44. Valores referenciales para Áreas de Cuencas.

Tamaño Km ²	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 - 250	Pequeña
250 - 500	Intermedia a pequeña
500 - 2500	Intermedia a grande
2500 - 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Tabla 45. Valores referenciales para Factor de Forma.

Rangos de F	Clases de forma
0.01 - 0.18	Muy poco achatada
0.18 - 0.36	Ligeramente achatada
0.36 - 0.54	Moderadamente achatada

Tabla 46. Valores referenciales para Índice de compacidad o Coeficiente de gravilius (K).

K	Forma de cuenca
1.00 - 1.25	Redonda
1.26 - 1.50	Ovalada
1.51 - 1.75	Oblonga o rectangular

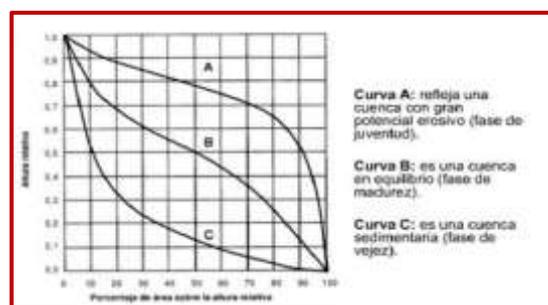


Figura 69. Valores Referencial Para Curva Hipsométrica.

Tabla 47. Valores Referenciales para Elevación Media.

CLASES DE DESNIVEL ALTITUDINAL	
Rangos de Altitudes	Clases de altitudes
<1220	Bajo
1221-1841	Medio
1842-2462	Alto

Tabla 48. Valores Referenciales para Coeficiente de Masividad.

Rangos de masividad	Clases de masividad
0-35	Muy montañosa, Bosques
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

Densidad de drenaje	Valor de D	Textura
Baja	3-14	Grosera
Media	12-16	Media
Alta	30-40	Fina
Muy Alta	200-500	Ultrafina

Figura 70. Valores Referenciales para Densidad de Drenaje.

Pendiente media del cauce principal (%)	Clases
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

Figura 71. Valores Referenciales para Pendiente del Cauce.**Tabla 49.** Valores Referenciales para Pendiente de la Cuenca.

Pendiente %	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuerte Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

La fuente de esta información fue **IBAL S.A.** (2009). “Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Microcuenca de las Quebradas Las Panelas y La Balsa”.

10.2. Datas Completadas de Estaciones Meteorológicas

Tabla 50. Datos de Precipitación de La Estación Angostura

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	40.47	43.37	31.67	20.97	2.25	12.46	3.16	0.46	0.36	0.28	9.78	29.91
1981	65.36	76.33	63.71	23.26	2.38	3.24	1.40	0.65	0.78	1.15	0.83	8.49
1982	35.32	36.55	10.79	9.32	2.38	2.61	1.40	0.65	0.78	1.15	57.34	36.08
1983	248.70	319.12	275.22	169.02	446.22	735.14	211.83	41.31	294.62	614.76	0.83	43.66
1984	145.37	182.29	70.64	21.58	2.38	4.92	1.40	0.65	0.78	1.15	0.83	16.07
1985	36.62	38.27	37.52	7.88	12.07	7.02	1.40	0.65	0.78	1.15	0.83	6.06
1986	90.81	110.03	14.06	30.45	3.61	2.61	1.40	0.65	0.78	1.15	11.23	12.61
1987	236.93	303.52	257.37	61.99	5.33	4.08	1.69	0.65	0.78	1.15	0.83	7.75
1988	50.44	56.57	19.67	8.75	4.84	2.61	1.55	0.77	1.65	2.99	3.61	14.85
1989	183.62	232.93	69.63	22.79	2.38	12.69	1.40	0.65	0.78	1.15	1.55	6.06
1990	53.87	61.11	31.05	10.13	5.91	4.08	2.20	0.93	2.82	5.43	0.83	6.06
1991	61.79	71.61	54.28	8.65	6.89	5.76	1.77	0.81	1.94	3.60	1.55	25.80
1992	151.40	190.27	487.51	162.97	156.81	4.29	1.40	0.69	1.07	1.76	0.83	11.95
1993	148.96	187.04	130.59	48.55	33.08	9.17	3.89	1.17	9.80	20.00	0.4	7.2
1994	164.2	104.5	68.2	33.6	3.6	1.8	2.5	0.6	1.4	0.2	1	27.6
1995	43.3	133.7	65.3	4.8	21.5	0	1.9	1.4	0	0.4	15.6	27.6
1996	23.1	36.5	21.2	4.3	0	2.2	1.1	0.8	0.8	2.6	0.1	4.97
1997	44.78	49.08	68.15	40.09	27.43	13.73	3.29	0.85	2.24	4.21	98.96	202.56
1998	389.67	505.79	438.80	80.00	62.34	18.56	2.57	1.46	6.62	13.37	0.83	10.08
1999	108.80	133.85	98.31	102.04	41.97	7.65	2.42	0.89	2.53	4.82	0.83	15.13
2000	86.96	104.94	115.22	45.57	85.67	15.20	1.62	0.65	0.78	1.15	0.83	15.32
2001	59.85	69.03	245.14	30.79	12.15	5.13	1.40	0.65	0.78	1.15	5.67	13.64
2002	127.06	158.04	274.44	79.40	5.09	2.61	1.40	0.65	0.78	1.15	0.83	27.76
2003	73.06	86.52	39.78	11.17	2.70	7.86	3.73	1.06	3.70	7.26	0.83	19.90
2004	92.67	112.49	52.33	32.00	6.98	2.61	3.00	0.65	0.78	1.15	1.31	6.72
2005	43.20	46.99	90.98	13.66	2.54	2.61	1.40	1.02	3.41	6.65	4.58	8.96
2006	177.22	224.46	98.15	9.32	2.95	5.34	2.49	1.26	5.16	10.31	5.67	11.21
2007	39.08	41.53	81.63	22.22	3.36	2.61	2.42	0.98	3.11	6.04	7.00	9.99
2008	187.51	238.09	151.93	27.13	12.81	8.70	1.91	0.85	2.24	4.21	3.97	6.06
2009	127.99	159.27	80.15	9.59	4.27	4.29	1.55	1.30	5.45	10.92	1.79	6.81
2010	117.70	145.64	180.76	48.56	6.57	13.11	3.37	0.77	1.65	2.99	2.16	12.24
2011	64.81	75.60	13.44	46.21	2.70	5.55	2.35	0.69	1.07	1.76	2.28	15.23
2012	165.17	208.50	159.10	45.37	22.75	25.07	1.69	0.77	1.65	2.99	6.15	9.34
2013	60.37	69.71	128.39	10.57	7.47	4.29	2.35	1.06	3.70	7.26	0.95	8.49
2014	60.55	69.96	20.22	10.06	44.27	49.01	2.64	5.02	32.35	67.09	2.16	24.21
2015	88.31	106.72	279.19	68.31	92.24	10.59	4.31	0.93	2.82	5.43	5.67	9.62
2016	186.86	237.23	203.83	51.08	2.87	16.88	1.40	0.78	1.70	3.09	1.14	7.16

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de pampas de Hospital, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 46' 1" con una Longitud de 80° 24' 1" y una altitud de 89 msnm.

Tabla 51. Datos de Precipitación de La Estación Cabo Inga.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	38.76	34.64	85.38	221.55	48.06	16.62	0.00	0.00	0.15	1.09	11.70	37.06
1981	29.84	73.64	136.20	118.32	45.17	17.14	0.00	0.00	0.09	0.14	0.53	10.89
1982	29.99	26.58	52.25	34.80	45.17	16.62	0.00	0.00	0.09	0.75	71.01	44.60
1983	325.33	360.89	471.76	991.50	725.15	621.96	462.09	0.00	9.91	6.08	0.53	53.86
1984	29.84	199.00	147.20	108.25	45.17	18.53	0.00	0.00	0.09	0.14	0.53	20.15
1985	34.08	28.61	94.66	26.15	60.02	20.26	0.00	0.00	0.09	2.49	0.53	7.92
1986	132.87	113.51	57.44	161.38	47.06	16.62	0.00	0.00	0.09	0.14	13.51	15.92
1987	186.57	342.44	443.45	350.35	49.70	17.83	0.64	0.00	0.09	0.14	0.53	9.98
1988	41.58	50.25	66.34	31.38	48.94	16.62	0.32	0.00	0.18	0.14	4.00	18.66
1989	142.67	258.92	145.60	115.50	45.17	24.95	0.00	0.00	0.09	0.47	1.43	7.92
1990	35.93	55.63	84.39	39.63	50.58	17.83	1.76	0.00	0.09	1.37	0.53	7.92
1991	33.85	68.05	121.24	30.78	52.09	19.22	0.80	0.00	0.09	0.31	1.43	32.03
1992	71.29	208.44	808.56	955.27	281.77	18.01	0.00	0.00	0.40	1.04	0.53	15.12
1993	41.58	207.28	217.06	172.65	89.97	22.17	5.75	0.00	0.22	5.92	0.53	15.01
1994	104.79	127.82	166.00	96.99	48.19	19.92	1.28	0.00	0.11	0.31	1.74	36.15
1995	82.06	88.89	97.87	34.40	68.70	16.62	4.32	0.00	0.09	0.14	14.71	21.40
1996	49.60	55.63	112.21	41.44	45.29	18.18	0.80	0.00	0.09	0.75	2.34	11.81
1997	43.14	41.39	143.25	219.14	83.55	25.81	4.16	0.00	2.61	45.75	122.92	248.01
1998	460.14	581.75	731.28	458.21	137.04	29.81	2.56	0.00	0.45	3.00	0.53	12.83
1999	34.67	141.69	191.10	590.22	105.83	20.78	2.24	0.00	0.42	0.25	0.53	19.00
2000	32.22	107.48	217.93	251.94	172.78	27.03	0.48	0.00	0.20	0.14	0.53	19.23
2001	76.79	65.00	424.04	163.39	60.15	18.70	0.00	0.00	0.09	0.14	6.56	17.18
2002	35.64	170.31	470.52	454.59	49.32	16.62	0.00	0.00	0.24	0.47	0.53	34.43
2003	101.82	85.70	98.24	45.87	45.67	20.96	5.12	0.00	0.24	0.14	0.53	24.83
2004	37.94	116.42	118.15	170.64	52.22	16.62	3.52	0.00	0.27	0.98	1.13	8.72
2005	30.66	38.92	179.47	60.76	45.42	16.62	0.00	0.00	0.09	1.20	5.21	11.46
2006	69.58	248.89	190.85	34.80	46.05	18.87	2.40	0.00	0.53	0.53	6.56	14.21
2007	100.07	32.46	164.64	112.08	46.68	16.62	2.24	0.00	0.29	0.70	8.22	12.72
2008	132.50	265.02	276.16	141.46	61.15	21.65	1.12	0.00	0.33	1.65	4.45	7.92
2009	172.10	171.76	162.29	36.41	48.06	18.01	0.32	0.00	0.36	0.59	1.74	8.83
2010	100.18	155.64	321.91	269.85	51.59	25.29	4.32	0.00	0.25	0.31	2.19	15.46
2011	63.79	72.77	56.45	255.76	45.67	19.05	2.08	0.00	0.20	0.36	2.34	19.12
2012	130.79	230.01	287.54	250.73	76.38	35.18	0.64	0.00	0.00	0.80	4.00	6.20
2013	44.50	67.20	243.30	36.60	44.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	0.00	2.40
2014	63.10	71.40	59.10	27.30	175.60	23.80	0.30	0.00	0.20	6.80	2.60	10.10
2015	59.40	103.90	489.70	465.30	81.10	85.80	9.20	0.00	0.60	1.70	10.00	48.40
2016	80.50	263.00	350.50	225.40	90.30	15.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de San Jacinto, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 58' 33.39" con una Longitud de 80° 24' 6.54" y una altitud de 228 msnm.

Tabla 52. Datos de Precipitación de La Estación Chacritas.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	16.68	25.74	24.94	134.01	3.53	0.07	0.70	0.34	0.19	4.76	15.42	11.54
1981	4.38	46.39	45.31	64.78	1.60	0.21	0.70	0.34	0.40	0.73	1.52	2.64
1982	4.58	21.47	11.65	8.77	1.60	0.07	0.70	0.34	0.19	3.34	89.23	14.11
1983	412.17	198.47	179.86	650.33	455.60	161.12	180.49	77.59	240.71	25.88	1.52	17.26
1984	4.38	112.76	49.73	58.03	1.60	0.58	0.70	0.34	0.95	0.73	1.52	5.79
1985	10.22	22.55	28.66	2.97	11.51	1.04	0.70	0.34	1.64	10.69	1.52	1.63
1986	146.56	67.50	13.73	93.66	2.86	0.07	0.70	0.34	0.19	0.73	17.67	4.35
1987	220.68	188.70	168.51	220.38	4.62	0.39	0.95	0.34	0.67	0.73	1.52	2.33
1988	20.57	34.01	17.30	6.48	4.12	0.07	0.83	0.57	0.19	0.73	5.84	5.28
1989	160.09	144.48	49.08	62.89	1.60	2.28	0.70	0.34	3.50	2.15	2.65	1.63
1990	12.78	36.86	24.54	12.01	5.21	0.39	1.39	0.88	0.67	5.95	1.52	1.63
1991	9.91	43.43	39.31	6.07	6.22	0.76	1.02	0.65	1.22	1.44	2.65	9.83
1992	61.58	117.76	314.91	626.04	159.57	0.44	0.70	0.42	0.74	4.52	1.52	4.08
1993	20.57	117.14	77.74	101.21	31.51	1.55	2.94	1.18	2.40	25.17	1.52	4.04
1994	139.10	62.60	55.80	59.80	4.50	1.10	3.10	1.00	1.40	0.20	1.20	9.50
1995	49.60	63.40	31.40	1.00	18.10	0.00	1.50	1.00	0.00	2.30	21.00	10.90
1996	27.20	40.40	35.70	11.40	0.00	0.40	0.00	0.40	1.10	3.00	0.90	0.00
1997	22.73	29.32	48.14	132.39	27.22	2.52	2.32	0.72	3.84	193.67	153.84	83.31
1998	598.23	315.40	283.92	292.71	62.94	3.58	1.70	1.88	5.43	12.83	1.52	3.30
1999	11.04	82.42	67.32	381.24	42.10	1.18	1.57	0.80	1.84	1.20	1.52	5.40
2000	7.66	64.31	78.08	154.38	86.80	2.84	0.89	0.34	4.33	0.73	1.52	5.48
2001	69.16	41.82	160.73	95.01	11.59	0.62	0.70	0.34	1.02	0.73	9.03	4.78
2002	12.37	97.57	179.37	290.28	4.37	0.07	0.70	0.34	0.19	2.15	1.52	10.65
2003	103.71	52.78	30.09	16.19	1.93	1.22	2.69	1.11	1.91	0.73	1.52	7.38
2004	15.55	69.04	38.07	99.86	6.30	0.07	2.07	0.34	0.19	4.29	2.27	1.90
2005	5.51	28.01	62.66	26.18	1.76	0.07	0.70	1.03	0.19	5.23	7.34	2.83
2006	59.22	139.18	67.23	8.77	2.18	0.67	1.64	1.49	1.09	2.39	9.03	3.77
2007	101.30	24.59	56.72	60.59	2.60	0.07	1.57	0.95	0.19	3.10	11.10	3.26
2008	146.05	147.71	101.43	80.30	12.27	1.41	1.14	0.72	2.19	7.13	6.40	1.63
2009	200.71	98.34	55.77	9.85	3.53	0.44	0.83	1.57	0.74	2.62	3.02	1.94
2010	101.46	89.80	119.78	166.39	5.88	2.38	2.38	0.57	3.64	1.44	3.59	4.20
2011	51.23	45.93	13.34	156.95	1.93	0.72	1.51	0.42	1.16	1.68	3.78	5.44
2012	143.69	129.18	105.99	153.57	22.43	5.01	0.95	0.57	7.57	5.47	9.79	2.99
2013	33.39	42.25	86.46	13.77	6.81	0.44	1.51	1.11	0.74	14.49	1.71	2.64
2014	92.02	42.40	17.65	11.74	44.45	10.27	1.76	8.64	15.42	15.20	3.59	9.17
2015	30.72	65.43	182.39	245.75	93.52	1.82	3.19	0.88	2.81	18.29	9.03	3.11
2016	38.21	147.18	134.45	176.52	2.10	3.21	0.70	0.58	4.88	4.38	2.01	2.08

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Pampas de Hospital, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 42' 1" con una Longitud de 80° 22' 1" y una altitud de 99 msnm.

Tabla 53. Datos de Precipitación de La Estación Hito Cotrina.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	106.61	131.01	185.97	14.63	21.11	3.49	3.76	2.27	0.80	6.38	23.01	104.35
1981	86.98	277.63	292.83	80.00	37.47	5.02	6.71	3.43	1.17	8.46	6.74	26.40
1982	87.31	100.70	116.29	1.12	17.73	3.17	3.16	2.03	0.72	5.95	109.42	126.81
1983	737.69	1357.51	998.45	561.47	158.00	16.34	28.38	11.92	3.91	23.73	6.74	154.38
1984	86.98	748.90	315.97	290.12	90.07	9.96	16.16	7.13	2.37	15.12	6.74	53.97
1985	96.30	108.34	205.47	4.53	18.58	3.25	3.31	2.09	0.74	6.06	6.74	17.55
1986	313.86	427.53	127.21	146.84	54.21	6.60	9.71	4.61	1.55	10.58	25.65	41.38
1987	432.13	1288.15	938.91	530.55	150.26	15.61	26.98	11.38	3.73	22.75	6.74	23.68
1988	112.83	189.71	145.93	40.80	27.66	4.10	4.94	2.73	0.95	7.21	11.79	49.55
1989	335.46	974.16	312.59	390.56	115.21	12.32	20.68	8.91	2.94	18.31	8.06	17.55
1990	100.39	209.91	183.89	49.81	29.92	4.32	5.35	2.89	1.00	7.50	6.74	17.55
1991	95.81	256.60	261.37	70.63	35.13	4.80	6.29	3.26	1.12	8.16	8.06	89.37
1992	178.26	784.39	1706.66	305.95	94.03	10.33	16.88	7.41	2.46	15.62	6.74	39.00
1993	112.83	780.02	462.86	304.00	93.55	10.29	16.79	7.38	2.44	15.56	6.74	47.5
1994	206.5	405	302.4	221	23.9	6.7	6	1.5	1.4	4.2	10.4	103.4
1995	205.3	466.3	253.2	61.3	107	2.4	15.5	9	1	16	25.5	47.1
1996	172.7	154.9	254.5	43.9	3.1	8	2.5	1.3	1.6	7.9	9.37	29.13
1997	116.26	156.40	307.65	25.95	23.94	3.75	4.27	2.47	0.86	6.74	185.06	732.68
1998	1034.59	2187.82	1544.17	931.68	250.67	25.04	45.04	18.46	6.02	35.47	6.74	32.19
1999	97.61	533.47	408.26	194.07	66.03	7.71	11.84	5.44	1.82	12.07	6.74	50.57
2000	92.22	404.87	464.68	136.73	51.68	6.36	9.26	4.43	1.49	10.25	6.74	51.25
2001	190.36	245.14	898.09	65.52	33.85	4.68	6.06	3.17	1.09	8.00	15.53	45.12
2002	99.74	641.05	995.85	242.04	78.04	8.83	14.00	6.29	2.09	13.60	6.74	96.52
2003	245.49	322.95	213.01	100.21	42.53	5.50	7.62	3.78	1.28	9.10	6.74	67.93
2004	104.81	438.45	254.87	151.71	55.42	6.71	9.93	4.69	1.58	10.73	7.62	19.94
2005	88.78	147.12	383.82	21.81	22.91	3.66	4.09	2.40	0.84	6.61	13.55	28.10
2006	174.50	936.48	407.74	373.76	111.01	11.93	19.93	8.61	2.84	17.77	15.53	36.27
2007	241.64	122.81	352.62	10.98	20.20	3.40	3.60	2.21	0.78	6.27	17.95	31.85
2008	313.05	997.09	587.14	400.78	117.77	12.56	21.14	9.09	2.99	18.63	12.45	17.55
2009	400.27	646.51	347.68	244.47	78.65	8.89	14.11	6.33	2.11	13.67	8.50	20.28
2010	241.89	585.89	683.33	217.44	71.88	8.25	12.89	5.85	1.95	12.82	9.15	40.02
2011	161.74	274.35	125.13	78.54	37.11	4.99	6.64	3.40	1.16	8.41	9.37	50.91
2012	309.28	865.49	611.06	342.10	103.09	11.18	18.50	8.05	2.66	16.77	16.41	29.47
2013	133.27	248.20	508.62	66.88	34.19	4.72	6.12	3.19	1.10	8.04	6.96	26.40
2014	226.84	249.29	147.75	67.37	34.31	4.73	6.14	3.20	1.10	8.05	9.15	83.59
2015	129.02	412.78	1011.70	140.26	52.56	6.44	9.42	4.49	1.51	10.37	15.53	30.49
2016	140.96	993.27	760.29	399.08	117.35	12.52	21.07	9.06	2.99	18.58	7.31	21.54

Fuente de Recuperación. Autores.

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Matapalo, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 49' 1" con una Longitud de 80° 10' 1" y una altitud de 413 msnm.

Tabla 54. Datos de Precipitación de La Estación El Caucho.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	38.07	95.29	91.94	144	4.9	18.3	6.1	0	0	0	20.06	73.41
1981	18.55	203.04	189.40	162.15	5.43	4.26	1.55	0.11	0.22	1.05	1.13	10.39
1982	18.88	73.02	28.40	51.74	5.43	3.31	1.55	0.11	0.22	2.92	120.60	91.58
1983	665.71	996.59	832.92	1316.54	1865.59	1118.17	547.67	23.03	155.78	19.05	1.13	113.87
1984	18.55	549.35	210.50	148.85	5.43	6.82	1.55	0.11	0.22	1.05	1.13	32.68
1985	27.82	78.64	109.73	40.30	46.05	10.02	1.55	0.11	0.22	8.18	1.13	3.23
1986	244.19	313.19	38.36	219.09	10.59	3.31	1.55	0.11	0.22	1.05	23.13	22.50
1987	361.82	945.63	778.62	468.91	17.82	5.54	2.31	0.11	0.22	1.05	1.13	8.18
1988	44.26	138.43	55.43	47.22	15.75	3.31	1.93	0.18	0.69	1.05	7.02	29.10
1989	265.67	714.89	207.42	158.43	5.43	18.64	1.55	0.11	0.22	2.07	2.67	3.23
1990	31.89	153.28	90.05	58.13	20.23	5.54	3.63	0.27	1.31	4.79	1.13	3.23
1991	27.34	187.59	160.71	46.42	24.36	8.10	2.49	0.20	0.84	1.56	2.67	61.30
1992	109.33	575.44	1478.81	1268.65	652.68	5.86	1.55	0.13	0.38	3.77	1.13	20.57
1993	25.6	564.9	392.9	362.4	134.1	13.3	8	0.4	5	18.5	3.1	22.1
1994	204.5	297.1	199.7	225.7	17.6	0.7	2.1	0	0	1.7	2.3	75.1
1995	99.7	357.9	142.5	19.9	73	0	4.8	0.2	0	2.9	27.7	42.6
1996	91.9	103.5	115.2	26.3	1	3.4	1.1	0.6	0.6	4.9	0.6	0
1997	47.67	113.95	202.91	295.44	110.43	20.24	6.46	0.22	1.00	139.08	208.59	581.50
1998	960.98	1606.76	1330.62	611.51	256.75	27.59	4.57	0.56	3.32	9.71	1.13	15.06
1999	29.13	391.04	294.67	786.04	171.37	10.97	4.19	0.24	1.15	1.39	1.13	29.93
2000	23.76	296.54	346.13	338.81	354.53	22.48	2.12	0.11	0.22	1.05	1.13	30.48
2001	121.37	179.16	741.39	221.75	46.40	7.14	1.55	0.11	0.22	1.05	11.37	25.52
2002	31.24	470.10	830.55	606.72	16.79	3.31	1.55	0.11	0.22	2.07	1.13	67.08
2003	176.19	236.35	116.60	66.37	6.80	11.29	7.59	0.34	1.77	1.05	1.13	43.96
2004	36.28	321.22	154.78	231.32	24.71	3.31	5.70	0.11	0.22	3.60	2.16	5.16
2005	20.34	107.13	272.39	86.06	6.11	3.31	1.55	0.31	1.62	4.28	9.06	11.76
2006	105.59	687.20	294.20	51.74	7.84	7.46	4.38	0.45	2.54	2.24	11.37	18.37
2007	172.37	89.27	243.93	153.90	9.56	3.31	4.19	0.29	1.46	2.75	14.18	14.79
2008	243.38	731.74	457.81	192.75	49.15	12.57	2.87	0.22	1.00	5.63	7.79	3.23
2009	330.12	474.11	239.43	53.87	13.34	5.86	1.93	0.47	2.70	2.41	3.18	5.43
2010	172.61	429.57	545.54	362.49	22.98	19.28	6.65	0.18	0.69	1.56	3.95	21.39
2011	92.90	200.63	36.46	343.86	6.80	7.78	4.00	0.13	0.38	1.73	4.20	30.20
2012	239.64	635.03	479.62	337.21	90.81	37.50	2.31	0.18	0.69	4.45	12.39	12.86
2013	64.59	181.41	386.20	61.59	26.77	5.86	4.00	0.34	1.77	10.90	1.39	10.39
2014	157.65	182.21	57.09	57.59	181.01	73.92	4.76	2.57	16.94	11.41	3.95	56.62
2015	60.36	302.36	845.01	518.92	382.07	15.45	9.10	0.27	1.31	13.61	11.37	13.69
2016	72.24	728.93	615.72	382.44	7.49	25.03	1.55	0.18	0.71	3.66	1.80	6.45

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Matapalo, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 49' 1" con una Longitud de 80° 16' 1" y una altitud de 438 msnm.

Tabla 55. Datos de Precipitación de La Estación El Cóndor Flores.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	83.17	116.52	171.69	185.17	52.93	0.41	2.48	0.00	0.00	0.24	0.74	114.78
1981	66.43	217.17	229.07	76.42	20.22	0.54	1.20	0.00	0.00	0.24	0.30	12.19
1982	66.71	95.71	134.28	762.74	62.35	0.41	2.85	0.00	0.00	0.24	3.05	144.34
1983	621.33	958.45	607.98	76.42	73.92	144.79	3.30	0.00	0.00	261.06	0.30	180.63
1984	66.43	540.67	241.50	76.42	31.79	0.87	1.65	0.00	0.00	0.24	0.30	48.48
1985	74.38	100.96	182.16	76.42	16.50	1.28	1.06	0.00	0.00	0.24	0.30	0.55
1986	259.90	320.07	140.14	202.81	26.50	0.41	1.45	0.00	0.00	0.24	0.81	31.90
1987	360.76	910.85	576.01	76.42	19.07	0.70	1.16	0.00	0.00	0.24	0.30	8.61
1988	88.47	156.81	150.19	110.22	29.93	0.41	1.58	0.00	0.00	1.02	0.44	42.66
1989	278.32	695.30	239.68	85.24	16.50	2.40	1.06	0.00	0.00	0.24	0.34	0.55
1990	77.87	170.68	170.58	76.42	16.50	0.70	1.06	0.00	0.00	2.06	0.30	0.55
1991	73.96	202.73	212.18	85.24	46.64	1.03	2.24	0.00	0.00	1.28	0.34	95.07
1992	144.26	565.04	988.28	76.42	25.50	0.74	1.41	0.00	0.00	0.50	0.30	28.77
1993	88.47	562.04	320.38	76.42	25.36	1.74	1.40	0.00	0.00	3.10	0.30	28.32
1994	182.80	265.50	177.50	273.80	17.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.60	139.70
1995	154.00	383.00	260.20	92.50	89.10	0.00	5.40	0.00	0.00	4.40	0.60	24.90
1996	138.40	135.70	212.80	30.50	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	15.78
1997	91.40	133.95	237.03	1268.29	316.59	2.61	12.81	0.00	0.00	1.54	5.07	941.71
1998	874.50	1528.43	901.02	76.42	22.65	3.56	1.30	0.00	0.00	5.43	0.30	19.81
1999	75.50	392.79	291.06	76.42	30.36	1.41	1.60	0.00	0.00	1.80	0.30	44.00
2000	70.89	304.51	321.36	76.42	30.64	2.90	1.61	0.00	0.00	0.24	0.30	44.90
2001	154.59	194.86	554.09	135.21	28.07	0.91	1.51	0.00	0.00	0.24	0.54	36.83
2002	77.31	466.64	606.58	76.42	49.64	0.41	2.35	0.00	0.00	0.24	0.30	104.47
2003	201.60	248.28	186.21	76.42	37.64	1.45	1.88	0.00	0.00	2.84	0.30	66.85
2004	81.63	327.56	208.69	82.30	17.50	0.41	1.10	0.00	0.00	0.24	0.32	3.68
2005	67.96	127.57	277.94	121.98	20.93	0.41	1.23	0.00	0.00	2.58	0.48	14.43
2006	141.06	669.44	290.78	135.21	24.36	0.95	1.36	0.00	0.00	4.14	0.54	25.19
2007	198.32	110.89	261.18	151.37	22.50	0.41	1.29	0.00	0.00	2.32	0.60	19.36
2008	259.21	711.04	387.11	114.63	16.50	1.61	1.06	0.00	0.00	1.54	0.45	0.55
2009	333.58	470.38	258.53	88.18	17.65	0.74	1.10	0.00	0.00	4.40	0.35	4.13
2010	198.53	428.78	438.77	92.59	25.93	2.48	1.43	0.00	0.00	1.02	0.36	30.11
2011	130.18	214.92	139.02	94.06	30.50	0.99	1.60	0.00	0.00	0.50	0.37	44.45
2012	256.00	620.70	399.96	141.08	21.50	4.84	1.25	0.00	0.00	1.02	0.56	16.23
2013	105.90	196.96	344.95	77.89	20.22	0.74	1.20	0.00	0.00	2.84	0.31	12.19
2014	185.69	197.71	151.17	92.59	44.21	9.56	2.14	0.00	0.00	28.27	0.36	87.45
2015	102.28	309.94	615.10	135.21	21.93	1.99	1.27	0.00	0.00	2.06	0.54	17.57
2016	112.46	708.42	480.09	80.23	18.17	3.23	1.12	0.00	0.00	1.06	0.32	5.79

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Matapalo, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 53' 24.09" con una Longitud de 80° 8' 22.73" y una altitud de 384 msnm.

Tabla 56. Datos de Precipitación de La Estación Matapalo

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	55.40	51.89	59.65	99.45	24.62	1.98	0.92	2.16	2.80	3.67	14.21	35.73
1981	36.17	103.16	98.95	62.56	20.78	2.55	0.92	2.16	1.81	1.41	0.62	10.17
1982	36.49	41.29	34.02	32.72	20.78	1.98	0.92	2.16	1.81	2.87	86.35	43.10
1983	673.40	480.79	358.46	374.60	922.71	654.39	540.31	44.74	177.16	15.49	0.62	52.15
1984	36.17	267.96	107.46	58.96	20.78	4.04	0.92	2.16	1.81	1.41	0.62	19.21
1985	45.30	43.97	66.82	29.62	40.48	5.91	0.92	2.16	1.81	6.99	0.62	7.26
1986	258.35	155.58	38.04	77.95	23.28	1.98	0.92	2.16	1.81	1.41	16.41	15.08
1987	374.17	456.54	336.56	145.48	26.79	3.29	1.67	2.16	1.81	1.41	0.62	9.27
1988	61.48	72.42	44.92	31.49	25.79	1.98	1.30	2.29	3.43	1.41	4.84	17.76
1989	279.50	346.74	106.21	61.55	20.78	10.96	0.92	2.16	1.81	2.20	1.72	7.26
1990	49.31	79.48	58.88	34.44	27.96	3.29	2.98	2.46	1.81	4.33	0.62	7.26
1991	44.82	95.81	87.38	31.28	29.96	4.79	1.86	2.33	1.81	1.81	1.72	30.82
1992	125.56	280.38	618.93	361.65	334.61	3.48	0.92	2.21	7.31	3.53	0.62	14.30
1993	61.48	278.85	161.48	81.98	80.21	7.97	7.64	2.63	4.07	15.09	0.62	14.19
1994	197.80	174.39	121.99	54.94	24.79	5.54	2.42	2.29	2.13	1.81	2.09	34.84
1995	148.79	123.22	69.31	32.57	52.00	1.98	5.96	2.76	1.81	1.41	17.88	20.44
1996	78.78	79.48	80.40	35.09	20.95	3.67	1.86	2.21	1.81	2.87	2.82	11.06
1997	64.85	60.77	104.40	98.59	71.69	11.90	5.77	2.38	46.78	109.42	149.50	241.83
1998	964.15	771.15	559.17	184.02	142.64	16.20	3.91	3.01	8.28	8.18	0.62	12.06
1999	46.58	192.63	141.40	231.20	101.24	6.47	3.53	2.42	7.63	1.67	0.62	18.09
2000	41.30	147.66	162.15	110.31	190.05	13.20	1.48	2.16	3.75	1.41	0.62	18.32
2001	137.41	91.80	321.55	78.67	40.65	4.23	0.92	2.16	1.81	1.41	7.96	16.31
2002	48.67	230.25	357.50	182.73	26.29	1.98	0.92	2.16	4.40	2.20	0.62	33.17
2003	191.40	119.01	69.59	36.67	21.45	6.66	6.89	2.59	4.40	1.41	0.62	23.79
2004	53.63	159.40	84.99	81.26	30.13	1.98	5.03	2.16	5.04	3.40	1.35	8.05
2005	37.93	57.52	132.41	41.99	21.11	1.98	0.92	2.55	1.81	3.93	6.31	10.73
2006	121.87	333.56	141.21	32.72	21.95	4.42	3.72	2.80	9.57	2.34	7.96	13.40
2007	187.63	49.03	120.94	60.33	22.78	1.98	3.53	2.50	5.37	2.74	9.98	11.95
2008	257.55	354.76	207.19	70.83	41.98	7.41	2.23	2.38	6.01	4.99	5.39	7.26
2009	342.97	232.16	119.12	33.29	24.62	3.48	1.30	2.84	6.66	2.47	2.09	8.16
2010	187.87	210.96	242.57	116.71	29.29	11.33	5.96	2.29	4.72	1.81	2.64	14.63
2011	109.38	102.02	37.27	111.68	21.45	4.60	3.35	2.21	3.75	1.94	2.82	18.21
2012	253.87	308.73	215.99	109.88	62.18	21.99	1.67	2.29	2.13	4.06	8.70	11.17
2013	81.51	92.87	178.31	35.38	31.13	3.48	3.35	2.59	2.78	9.11	0.80	10.17
2014	159.71	100.60	31.10	20.10	118.30	50.90	3.60	2.60	2.60	9.80	3.00	19.50
2015	76.40	120.40	463.80	108.60	211.50	5.30	9.00	2.70	2.40	11.80	8.70	19.00
2016	103.40	376.10	184.90	186.70	1.30	10.90	0.80	6.20	5.30	2.60	0.00	10.50

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Matapalo, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 40' 58.21" con una Longitud de 80° 11' 54.92" y una altitud de 56 msnm.

Tabla 57. Datos de Precipitación de La Estación Rica Playa.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	31.62	26.95	62.73	110.75	9.19	2.37	0.04	0.11	0.00	1.55	6.61	16.21
1981	22.63	95.44	97.27	66.24	7.11	2.69	0.04	0.11	0.00	0.61	0.16	4.54
1982	22.78	12.79	40.21	30.24	7.11	2.37	0.04	0.11	0.00	1.22	40.85	19.57
1983	320.52	599.89	325.35	442.64	496.20	371.30	7.54	1.47	0.00	6.44	0.16	23.70
1984	22.63	315.58	104.75	61.91	7.11	3.53	0.04	0.11	0.00	0.61	0.16	8.67
1985	26.90	16.36	69.03	26.51	17.79	4.59	0.04	0.11	0.00	2.92	0.16	3.21
1986	126.50	165.46	43.74	84.81	8.47	2.37	0.04	0.11	0.00	0.61	7.65	6.78
1987	180.64	567.49	306.10	166.27	10.37	3.11	0.04	0.11	0.00	0.61	0.16	4.13
1988	34.46	54.37	49.79	28.77	9.83	2.37	0.06	0.12	0.00	0.61	2.16	8.00
1989	136.38	420.81	103.66	65.03	7.11	7.44	0.04	0.11	0.00	0.94	0.68	3.21
1990	28.77	63.81	62.06	32.33	11.00	3.11	0.09	0.12	0.00	1.82	0.16	3.21
1991	26.67	85.62	87.10	28.51	12.09	3.96	0.07	0.12	0.00	0.78	0.68	13.96
1992	64.42	332.17	554.26	427.03	177.29	3.22	0.05	0.11	0.00	1.49	0.16	6.42
1993	34.46	330.12	152.23	89.67	39.34	5.75	0.12	0.13	0.00	6.27	0.16	6.37
1994	98.19	190.59	117.52	57.05	9.28	4.38	0.06	0.12	0.00	0.78	0.86	15.80
1995	75.28	122.22	71.22	30.07	24.04	2.37	0.14	0.13	0.00	0.61	8.35	9.23
1996	42.55	63.81	80.97	33.11	7.20	3.32	0.05	0.11	0.00	1.22	1.21	4.95
1997	36.04	38.81	102.06	109.71	34.72	7.97	0.08	0.12	0.00	45.26	70.82	110.26
1998	456.44	987.76	501.74	212.76	73.19	10.41	0.19	0.14	0.00	3.41	0.16	5.41
1999	27.50	214.95	134.58	269.67	50.74	4.91	0.08	0.12	0.00	0.72	0.16	8.16
2000	25.03	154.88	152.82	123.85	98.90	8.71	0.04	0.11	0.00	0.61	0.16	8.26
2001	69.96	80.26	292.91	85.68	17.88	3.64	0.04	0.11	0.00	0.61	3.65	7.34
2002	28.47	265.20	324.51	211.20	10.10	2.37	0.04	0.11	0.00	0.94	0.16	15.03
2003	95.19	116.61	71.47	35.02	7.47	5.01	0.11	0.13	0.00	0.61	0.16	10.76
2004	30.79	170.56	85.00	88.80	12.18	2.37	0.04	0.11	0.00	1.44	0.51	3.57
2005	23.45	34.47	126.68	41.44	7.29	2.37	0.11	0.13	0.00	1.66	2.86	4.79
2006	62.69	403.21	134.42	30.24	7.75	3.74	0.15	0.13	0.00	1.00	3.65	6.02
2007	93.43	23.12	116.60	63.56	8.20	2.37	0.10	0.12	0.00	1.16	4.60	5.35
2008	126.12	431.52	192.40	76.22	18.61	5.44	0.08	0.12	0.00	2.10	2.43	3.21
2009	166.05	267.75	115.00	30.94	9.19	3.22	0.16	0.14	0.00	1.05	0.86	3.62
2010	93.55	239.44	223.49	131.57	11.73	7.66	0.06	0.12	0.00	0.78	1.12	6.58
2011	56.85	93.91	43.07	125.49	7.47	3.85	0.05	0.11	0.00	0.83	1.21	8.21
2012	124.40	370.05	200.13	123.32	29.56	13.68	0.06	0.12	0.00	1.71	3.99	5.00
2013	39.50	44.80	225.30	21.90	21.30	0.20	0.50	0.13	0.00	6.80	0.00	0.80
2014	65.50	56.50	14.20	32.15	41.50	25.30	1.00	0.00	0.00	0.00	1.50	7.00
2015	41.80	166.40	297.40	176.00	116.40	12.40	0.00	0.50	0.00	6.30	3.90	11.00
2016	72.90	484.50	258.50	156.20	0.60	7.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	7.80

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de San Jacinto, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 48' 42.84" con una Longitud de 80° 30' 19.65" y una altitud de 68 msnm.

Tabla 58. Datos de Precipitación de La Estación Hito Bocana.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1975	29.63	130.45	224.13	445	34	13	9.62	4	6.55	8.4	11.7	0
1976	23.3	128.7	64.7	69.8	34	18.5	13.51	7.66	11.49	21.8	14.3	28.3
1977	29.51	179.78	164.73	336.55	8.62	5.13	4.04	2.76	4.87	1.1	3.72	3.80
1978	25.91	125.85	110.6	31.6	13.7	2.4	1	1.19	0.2	0.2	4.4	0
1979	70.5	243.2	148.1	163.2	10.4	0	0	0	2.8	0	0	1.2
1980	25.85	121.58	151.36	404.38	14.62	3.19	2.67	2.05	3.91	5.37	6.22	6.61
1981	29.8	157.3	363.1	141.5	12.3	10.7	9.5	7.9	12.7	13.7	19.6	18.2
1982	23.52	115.35	141.70	40.51	8.62	3.19	2.67	2.05	3.91	2.28	3.72	3.80
1983	102.09	373.66	263.98	1904.57	1417.88	678.54	481.14	249.65	338.36	726.46	590.00	663.98
1984	23.48	248.58	169.38	183.63	8.62	5.32	4.18	2.83	4.96	2.28	3.72	3.80
1985	24.61	116.93	154.06	23.65	39.40	7.26	5.55	3.54	5.92	18.10	16.52	18.22
1986	50.89	182.53	143.22	287.15	12.53	3.19	2.67	2.05	3.91	4.29	5.35	5.63
1987	65.18	359.41	255.73	655.33	18.01	4.55	3.63	2.55	4.58	7.11	7.63	8.20
1988	26.60	133.65	145.81	33.85	16.45	3.19	2.67	2.05	3.91	6.30	6.98	7.46
1989	53.50	294.87	168.91	197.75	8.62	12.48	9.25	5.46	8.51	2.28	3.72	3.80
1990	25.10	137.80	151.07	49.92	19.84	4.55	3.63	2.55	4.58	8.05	8.39	9.05
1991	24.55	147.40	161.81	32.67	22.97	6.09	4.72	3.11	5.35	9.66	9.69	10.52
1992	34.51	255.87	362.15	1834.00	498.98	4.74	3.76	2.62	4.68	254.27	207.72	233.51
1993	26.60	254.98	189.74	309.10	101.48	9.38	7.06	4.32	6.98	50.00	42.35	47.30
1994	43.42	193.58	174.86	161.67	14.88	6.87	5.27	3.40	5.73	5.50	6.32	6.73
1995	37.37	163.50	155.00	39.73	57.40	3.19	2.67	2.05	3.91	27.35	24.01	26.65
1996	28.74	137.80	159.18	53.45	8.88	4.93	3.90	2.69	4.77	2.42	3.83	3.92
1997	27.02	126.80	168.23	399.68	88.17	13.45	9.93	5.81	8.99	43.16	36.82	41.06
1998	137.96	544.32	339.63	865.50	199.03	17.90	13.09	7.44	11.20	100.13	82.93	92.99
1999	24.76	204.30	182.18	1122.72	134.34	7.84	5.96	3.75	6.21	66.89	56.02	62.69
2000	24.11	177.87	190.00	463.59	273.10	14.80	10.89	6.31	9.66	138.19	113.75	127.70
2001	35.97	145.04	250.07	291.07	39.66	5.51	4.31	2.90	5.06	18.23	16.63	18.34
2002	25.02	226.41	263.62	858.44	17.23	3.19	2.67	2.05	3.91	6.71	7.30	7.83
2003	42.63	161.03	155.11	62.08	9.66	8.03	6.10	3.82	6.31	2.82	4.15	4.29
2004	25.63	184.77	160.91	305.18	23.23	3.19	2.67	2.05	3.91	9.79	9.80	10.64
2005	23.70	124.89	178.79	91.09	9.14	3.19	2.67	2.05	3.91	2.55	3.94	4.04
2006	34.05	287.13	182.10	40.51	10.45	5.71	4.45	2.97	5.16	3.22	4.48	4.65
2007	42.17	119.90	174.46	191.08	11.75	3.19	2.67	2.05	3.91	3.89	5.02	5.26
2008	50.79	299.59	206.97	248.33	41.75	8.80	6.64	4.11	6.69	19.31	17.50	19.32
2009	61.33	227.53	173.78	43.65	14.62	4.74	3.76	2.62	4.68	5.37	6.22	6.61
2010	42.19	215.08	220.30	498.49	21.92	12.87	9.52	5.60	8.70	9.12	9.25	10.03
2011	32.51	151.04	142.93	471.04	9.66	5.90	4.59	3.04	5.25	2.82	4.15	4.29
2012	50.34	272.54	210.29	461.24	73.31	23.90	17.34	9.64	14.17	35.52	30.63	34.10
2013	29.07	145.67	196.09	55.02	24.79	4.74	3.76	2.62	4.68	10.59	10.45	11.37
2014	40.38	145.89	146.06	49.14	141.64	45.97	32.97	17.73	25.09	70.64	59.06	66.11
2015	28.56	179.50	265.82	729.05	293.97	10.55	7.88	4.75	7.55	148.92	122.43	137.47
2016	30.00	298.80	230.97	527.90	10.19	16.35	11.99	6.87	10.43	3.09	4.37	4.53

Fuente de Recuperación. Autores

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de Matapalo, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 55' 1" con una Longitud de 80° 11' 1" y una altitud de 333 msnm.

Cabe señalar que los datos de Color **Negro** son los obtenidos del portal del SENAMHI y los de color **rojo** los datos completados por los autores.

Tabla 59. Datos de Precipitación de La Estación El Tigre.

AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1964	72.4	4.9	91.6	54.8	0.0	0.0	6.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1965	0.0	3.1	303.1	135.1	30.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
1966	30.6	3.2	29.5	0.3	0.0	3.6	0.0	0.3	0.3	3.1	0.6	9.0
1967	57.1	111.5	113.3	12.4	23.8	7.9	5.1	2.3	0.0	8.6	0.0	0.0
1968	1.0	0.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	1.5	0.3	0.0
1969	13.0	22.9	149.3	153.6	97.8	43.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1970	41.0	71.4	15.1	58.8	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	0.0	0.0
1971	12.1	81.2	59.1	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	14.9	80.1	266.5	159.7	14.2	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	313.0	85.1	40.4	53.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1974	0.2	6.1	8.3	12.4	20.3	7.3	0.0	0.0	0.6	9.9	0.6	0.8
1975	31.1	27.3	228.7	82.2	1.6	1.8	2.8	6.2	2.3	2.4	2.3	0.0
1976	225.2	130.1	136.4	44.2	18.7	12.7	0.0	7.2	0.3	0.4	0.0	0.3
1977	30.5	115.2	63.9	80.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	12.3	19.1	77.4	5.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	3.9
1979	43.8	18.2	50.4	12.5	0.2	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	12.0	11.5	26.8	97.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.3	1.7	7.4	25.5
1981	0.0	65.2	67.9	46.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1982	0.2	0.4	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	46.7	32.1
1983	397.8	460.7	339.3	480.4	540.3	348.9	289.3	100.5	54.2	10.6	0.0	40.2
1984	0.0	237.8	76.8	41.5	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
1985	5.7	3.2	34.3	0.7	11.8	2.1	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0
1986	138.7	120.1	4.2	67.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	7.0
1987	211.0	435.3	316.4	161.8	3.6	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1988	15.8	33.0	11.4	3.3	3.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	2.3	9.4
1989	151.9	320.3	75.5	45.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0
1990	8.2	40.4	26.0	7.4	4.3	0.7	1.1	0.7	0.0	2.2	0.0	0.0
1991	5.4	57.5	55.8	3.0	5.5	1.5	0.5	0.4	0.0	0.3	0.6	21.1
1992	55.8	250.8	611.7	462.4	188.0	0.8	0.0	0.1	1.7	1.6	0.0	6.3
1993	15.8	249.2	133.3	73.5	35.6	3.2	3.6	1.1	0.7	10.3	0.0	6.2
1994	100.9	139.8	92.0	35.9	2.4	1.9	0.8	0.3	0.1	0.3	0.8	24.7
1995	70.3	86.2	36.9	4.8	18.7	0.0	2.7	1.4	0.0	0.0	9.4	11.8
1996	26.6	40.4	48.5	8.3	0.1	0.9	0.5	0.1	0.0	1.1	1.2	3.4
1997	17.9	20.8	73.6	96.6	30.5	5.3	2.6	0.5	13.9	81.3	81.1	210.1
1998	579.3	764.8	549.2	215.4	73.0	7.6	1.6	2.0	2.0	5.1	0.0	4.3
1999	6.5	158.9	112.3	281.0	48.2	2.4	1.4	0.6	1.8	0.2	0.0	9.7
2000	3.2	111.8	134.0	112.9	101.4	6.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	9.9
2001	63.2	53.3	300.7	68.9	11.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	8.1
2002	7.8	198.3	338.3	213.6	3.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	0.0	23.2
2003	96.9	81.8	37.2	10.5	0.4	2.5	3.2	1.0	0.8	0.0	0.0	14.8
2004	10.9	124.1	53.3	72.5	5.6	0.0	2.2	0.0	1.0	1.5	0.4	0.7
2005	1.1	17.4	102.9	17.9	0.2	0.0	0.0	0.9	0.0	1.9	3.1	3.1
2006	53.5	306.5	112.1	5.0	0.7	1.3	1.5	1.5	2.4	0.7	4.0	5.5
2007	94.6	8.5	90.9	43.4	1.2	0.0	1.4	0.8	1.1	1.0	5.1	4.2
2008	138.2	328.7	181.1	58.0	12.7	2.9	0.7	0.5	1.3	2.7	2.6	0.0
2009	191.5	200.3	89.0	5.8	2.3	0.8	0.2	1.6	1.5	0.8	0.8	0.8
2010	94.7	178.1	218.1	121.8	5.1	5.0	2.7	0.3	0.9	0.3	1.1	6.6
2011	45.7	64.0	3.4	114.8	0.4	1.4	1.3	0.1	0.6	0.4	1.2	9.8
2012	135.9	280.5	190.3	112.3	24.8	10.7	0.4	0.3	0.1	2.0	4.4	3.5
2013	28.3	54.4	150.9	8.7	6.2	0.8	1.3	1.0	0.3	5.8	0.1	2.6
2014	85.5	54.8	12.1	7.2	51.0	22.1	1.7	10.8	1.2	6.1	1.1	19.4
2015	25.7	114.7	344.4	180.6	109.4	3.8	4.0	0.7	0.0	7.4	4.0	3.8
2016	33.0	327.3	247.7	129.3	0.6	6.8	0.0	0.3	0.3	1.5	0.3	1.2

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes.

Esta estación se Encuentra Ubicada En El Distrito de San Jacinto, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes; a una Latitud de 3° 46' 0" con una Longitud de 80° 27' 0" y una altitud de 40 msnm.

10.3. Panel Fotográfico.



Figura 72. Cauce Perenne, Manto freática por encima del Lecho. Esto respalda el resultado de alto orden de la cuenca Angostura.





Figura 73. Recorrido en la cuenca Angostura Junto a Nuestro Asesor el Dr. Napoleón Puño Lecarnaquè.



Figura 74. Conociendo lugar donde desemboca la Cuenca Angostura Cabuyal, Junto a Ex compañeros de la Universidad Nacional de Tumbes



Figura 75. Unión de las Aguas de la Quebrada Angostura con las Aguas El Rio Puyango Tumbes; donde se evidencia la diferencia del color del agua; comprobando así que estamos perdiendo agua de calidad al contaminarla con aguas que contienen metales pesados.

10.4. Cuadro de Análisis de Aportación de la Quebrada Angostura al Rio Tumbes.

Tabla 60. Análisis de Aporte de la Quebrada Angostura al Rio Tumbes con Respecto a los caudales de la Estación el Tigre.

TR (AÑOS)	Probabilidad $p = (1/Tr) * 100$	Caudal Qda. Cabuyal	Caudal Rio Tumbes Estación El tigre	Aporte Porcentual (%) de Aumento.	Suma de caudales Est. Tigre +Qda Cabuyal
2	50	227.41	1129.5	20.13	1356.91
5	20	391.03	1983.9	19.71	2374.93
10	10	513.57	2622.7	19.58	3136.27
25	4	678.40	3490.7	19.43	4169.10
50	2	802.17	4182.7	19.18	4984.87
100	1	925.95	4909.1	18.86	5835.05
Promedio del Aporte Porcentual				19.48	

Fuente de Datos de Caudales Rio Tumbes: **Puño, N. (2015)**

Fuente de Datos de Caudales Quebrada Cabuyal: **Autores de la Tesis**

10.5. Justificación del coeficiente de escorrentía.

El Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) presenta el “MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) el cual fue aprobado mediante la Resolución Directoral N°20-2011-MTC/14, publicada en Diario Oficial “El Peruano” el 10 de Octubre del 2011. Esta publicación la realiza ICG con la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (Memorando 036-2012-MTC/04.04) y en coordinación con la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (Informe 039-2012-MTC/14.04, Oficio 236-2012-MTC/14).

Este Manual en su página 47 manifiesta que: El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características. Por lo tanto:

El coeficiente de escorrentía está en función de la cobertura de la cuenca así como del tipo de suelo predominante en el área de la cuenca. Para la presente investigación y acorde con lo logrado en realidad, la cuenca corresponde a una cuenca de bosques y de densa vegetación (**figura 12**) asimismo de acuerdo a la tabla 15 donde se presentan los resultados de las características Geomorfológicas de la cuenca se obtiene un coeficiente de masividad mayor 0 y menor de 35 lo que corresponde de acuerdo a la **tabla 48** una cuenca muy montañosa y boscosa de acuerdo a la clase de masividad, y la función de la densidad de drenaje de acuerdo a la **figura 71** la textura predominante de la cuenca es gruesa por tener una densidad de drenaje baja entre 3 y 14, lo que le corresponde a un tipo de suelo semipermeable por lo que se puede afirmar que por ser la pendiente del cauce 2%, de acuerdo a la **figura 71** es una pendiente suave y por lo tanto de acuerdo a la **figura 12** para la presente investigación el coeficiente de escorrentía a usar en el método racional es de 0.30.

10.6. Planos de Polígono de Thiessen y Curvas de Isoyetas.