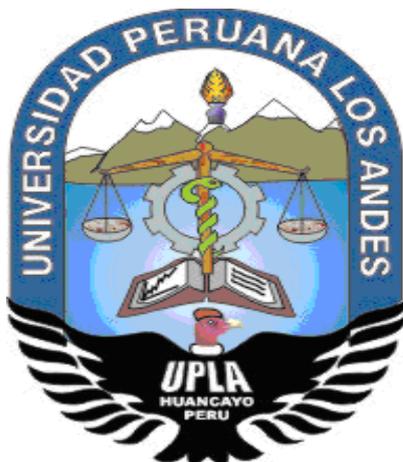


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**MODELAMIENTO HIDRAULICO DE LA
INTENSIDAD DE PRECIPITACION EN LA
EVACUACION DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA
CIUDAD DE HUANCAYO**

PRESENTADO POR:

Bach. CURO SALAZAR ROLAN CESAR

Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2020

ASESOR

DR. JUAN JOSÉ BULLÓN ROSAS

DEDICATORIA

A Dios por el Don de la vida, sin El nada sería posible.

A mis padres: Santiago y Anita, que durante todos estos años hicieron todo lo posible para apoyarme en mi formación académica.

A mi hermano Anthony, que durante muchos años me acompaña y me apoya en todo momento.

A Mishell, Que con su constante apoyo me acompañó en la culminación de este proyecto. Y para ella mi amor, admiración, respeto y cariño que siempre permanecerá.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE**

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

ING. EDMUNDO MUÑOICO CASAS

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

INDICE

CARÁTULA	2
DEDICATORIA.....	3
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	4
INDICE	5
Índice de tablas	8
Índice de Cuadros.....	8
Índice de Figuras.....	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Social o práctica	18
1.3.2. Metodológica.....	19
1.4. Delimitación del problema	19
1.4.1. Espacial	19
1.4.2. Temporal.....	20
1.5. Limitaciones de la Investigación	20
1.5.1. Limitaciones de zona de Investigación.....	20
1.5.2. Limitaciones del Estudio	20
1.5.3. Limitaciones de Información.....	20
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II	22
MARCO TEORICO	22
2.1. Antecedentes.....	22

2.2.	Base Teórica.....	29
2.2.1.	Modelamiento hidrológico e hidráulico	29
2.2.2.	Recopilación de la Información.....	30
2.2.3.	Análisis Hidrológico y Geomorfológico	30
2.2.4.	Hidrología	31
2.2.4.1.	Ciclo Hidrológico	31
2.2.4.2.	Sistema hidrológico.....	32
2.2.4.3.	Importancia de la Hidrología	33
2.2.4.4.	Cuenca Hidrológica.....	34
2.2.4.5.	Morfometría de Cuencas Hidrográficas.....	36
2.2.5.	Hidrología Urbana	47
2.2.5.1.	Cuenca Urbana	48
2.2.5.2.	Sistema de Drenaje Urbano	50
2.2.5.3.	Efectos de la Urbanización en el Proceso Lluvia - Escurrimiento	50
2.2.6.	Redes de evacuación de Aguas Pluviales Urbano.....	51
2.2.6.1.	Sistemas de alcantarillado Urbano	51
2.2.6.2.	Tipos de sistemas de alcantarillado	52
2.2.6.3.	Sistema Alcantarillado Pluvial	54
2.3.	Base Conceptual.....	55
2.3.1.	Los procesos hidrológicos y el modelado	55
2.3.1.1.	Técnicas hidrológicas utilizadas en los modelos	57
2.3.1.2.	Implementación de propuestas con enfoque de restauración hidrológico	59
2.3.2.	Geomática	59
2.3.3.	Registros Meteorológicos	60
2.3.3.1.	Precipitación e Intensidad.....	60
2.3.3.2.	Clasificación y medición de la Precipitación	62
2.3.3.3.	Instrumentos de medición.....	63
2.3.4.	Análisis de datos de precipitación	65
2.3.4.1.	Análisis de consistencia de datos y su ajuste	65
2.3.4.2.	Estudio de una Tormenta.....	66
2.3.4.3.	Modelos de Distribución.....	69
2.3.4.4.	Precipitación de Diseño	72

2.3.4.5.	Caudal de Diseño.....	81
2.3.4.6.	Coeficiente de Escorrentía (C).....	83
2.3.4.7.	Escurrimientos de la Precipitación Pluvial	84
2.3.5.	Determinación del número de curva (CN).....	85
2.4.	Bases epistemológicas o Bases filosóficas o Bases antropológicas* .	87
2.5.	Hipótesis	89
2.5.1.	Hipótesis general.....	89
2.5.2.	Hipótesis específicas	89
2.6.	Variables.....	89
2.6.1.	Definición conceptual de las variables.....	89
2.6.2.	Definición operacional de las variables	90
2.6.3.	Operacionalización de la variable.....	91
CAPITULO III.....		92
METODOLOGIA.....		92
3.1.	Método de investigación	92
3.2.	Tipo de investigación.....	93
3.3.	Nivel de la investigación.....	93
3.4.	Diseño de investigación	93
3.5.	Población y muestra	97
3.5.1.	Población.....	97
3.5.2.	Muestra	97
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	98
3.6.1.	Técnicas	99
3.6.2.	Instrumento	100
3.7.	Procesamiento de la información	100
3.8.	Técnicas y análisis de datos	100
CAPITULO IV.....		104
RESULTADOS		104
4.1.	Relación entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.	104
4.2.	Efectos de los eventos torrenciales en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.....	107

4.3. Relación entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo.....	128
CAPITULO V.....	135
DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS.....	135
CONCLUSIONES	141
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXO	149
Matriz de consistencia.....	150
Ingeniería del Proyecto	151
Panel fotográfico	193
Planos	201

Índice de tablas

Tabla 1 Valores Interpretativos del Factor Forma.....	39
Tabla 2 Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.....	40
Tabla 3 Cuadro de respuesta en base a la densidad de drenaje.....	46
Tabla 4 Valores de Periodo de retorno T (años).....	69
Tabla 5 valores de los parámetros K'_g y t_g que define la distribución.....	78
Tabla 6 valores de los parámetros a y n que, junto con K' , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas	79
Tabla 7 Clasificación del suelo para el método S.C.S. The Soil Conservation Service	86
Tabla 8 Valores de curvas numero para áreas urbanas	87

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Clasificación según área de cuenca.....	35
Cuadro 2 Fórmulas para el cálculo de Tiempo de concentración.....	83
Cuadro 3 valores para la determinación del coeficiente de escorrentía	84
Cuadro 4 Coeficiente de escorrentía.....	84
Cuadro 5 variables en general.	90
Cuadro 6 Operacionalización de las variables	91
Cuadro 7 Ubicaciones de las estaciones	98
Cuadro 8 Atributos general de la microcuenca del rio Florido.....	104

Cuadro 9 Parámetros morfométricos generales de la microcuenca del río Florido	104
Cuadro 10 Parámetros morfométricos asociados a la forma de la microcuenca del río Florido	105
Cuadro 11 Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve de la microcuenca del río Florido	105
Cuadro 12 Intervalos de rangos de altitudes de la microcuenca del río Florido	105
Cuadro 13 Áreas según su altitudes de la microcuenca del río Florido	106
Cuadro 14 Parámetros morfométricos asociados a la red de drenaje.....	107
Cuadro 15 Precipitaciones máximas anuales y acumulados de la Estación Santa Ana	107
Cuadro 16 Pruebas de datos dudoso.....	108
Cuadro 17 Parámetros estadísticos de Pp 24 Hrs y Log Pp 24 Hrs.....	109
Cuadro 18 Valores para coeficientes de Kn para la prueba de datos dudoso	109
Cuadro 19 Verificación de datos dudoso de los registros de precipitación .	110
Cuadro 20 Variación de las distribuciones teóricas.....	111
Cuadro 21 Precipitación máximas para diferentes periodo de retorno.....	112
Cuadro 22 relación entre precipitación máxima e intervalos fijos.....	112
Cuadro 23 Precipitación máximas corregido.....	113
Cuadro 24 Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas	113
Cuadro 25 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	113
Cuadro 26 Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de retorno	114
Cuadro 27 Valores de Curva IDF con método de Dyck Peschke.....	116
Grafico 28 Curva IDF con método de Dyck Peschke	116
Cuadro 29 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con valores de Dyck Peschke	117
Cuadro 30 Método de los bloques alternados T=500 años con Dyck Peschke	117
Cuadro 31 Valores de Curva IDF por método de Frederich Bell	120
Grafico 32 Curva IDF por método de Frederich Bell	121
Cuadro 33 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con valores de Frederich Bell	122
Cuadro 34 Método de los bloques alternados T=500 años con Frederich Bell	122
Cuadro 35 Valores de Curva IDF IILA-SENAMHI- UNI – para Huancayo....	124
Cuadro 36 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con IILA-SENAMHI- UNI	126
Cuadro 37 Método de los bloques alternados T=500 años con IILA-SENAMHI-UNI.....	126
Cuadro 38 caudal máximo por método racional para el área de estudio	128

Cuadro 39 Resultado de Numero de curvas según el área delimitada para el estudio	130
Cuadro 40 Resultado de la simulación hidrológico del rio Florido con el Software Hec-HMS considerando el hietograma de diseño de Dyck Peschke.	130
Cuadro 41 Relación de caudal pico en diferentes periodos de retorno	131
Cuadro 42 Relación de caudal pico del tramo del rio Florido en diferentes periodos de retorno	132

Índice de Figuras

Figura 1 Área de estudio	19
Figura 2 El ciclo hidrológico del agua	32
Figura 3 Representación del sistema hidrológico	32
Figura 4 Elementos de una cuenca Hidrológica	34
Figura 5 Representación del Área de Cuenca.....	37
Figura 6 Longitud del cauce principal	37
Figura 7 Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación	38
Figura 8 Influencia de la forma	41
Figura 9 Representación de un Histograma Frecuencias de altitudes	42
Figura 10 Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río.....	42
Figura 11 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.....	43
Figura 12 Métodos de orden de ríos	45
Figura 13 Texturas de drenaje.	47
Figura 14 Sistema básico de redes pluviales separativos	48
Figura 15 Cuenca Urbana	48
Figura 16 Urbanización y sus efectos	51
Figura 17 Sistema de alcantarillado urbano	52
Figura 18 Sistema de Alcantarillado Pluvial.	53
Figura 19 Sistema Alcantarillado Combinado.....	53
Figura 20 Secciones transversales de conductos cerrados.	54
Figura 21 Secciones transversales de conductos a cielo abierto.	55
Figura 22 perfil longitudinal de una cuenca rural. Principales procesos hidrológicos.....	55
Figura 23 Modelo Simple Tipo Caja Negra (a) y dos Fases Perdidas – Transito (b).....	56
Figura 24 Modelo de proceso físico.	57
Figura 25 Modelos Lluvia-Caudal para generación de Caudal Máximo e Hidrogramas.....	58
Figura 26 Ejemplos de Efectos de Escala en Sistemas de Drenaje Urbano ...	59
Figura 27 Precipitación pluvial intensa	62

Figura 28 Pluviómetro	64
Figura 29 Pluviógrafo	65
Figura 30 Flujograma de la metodología.....	93
Figura 31 Histograma de precipitación mensual del estación Santa Ana.....	98
Figura 32 Esquema de desarrollo de un SIG	101
Figura 33 curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.....	106
Figura 34 Histograma de registro de precipitación de la estación Santa Ana	108
Figura 35 Comparaciones de las distribuciones teóricas	111
Figura 36 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con Dyck Peschke	118
Figura 37 Hietograma de precipitación para T=500 años con Dyck Peschke	119
Figura 38 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años con Dyck Peschke	119
Figura 39 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con Frederich Bell	123
Figura 40 Hietograma de precipitación para T=500 años con Frederich Bell	123
Figura 41 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años	124
Figura 42 Curva IDF IILA-SENAMHI- UNI – para Huancayo.....	125
Figura 43 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con IILA-SENAMHI- UNI	127
Figura 44 Hietograma de precipitación para T=500 años.....	127
Figura 45 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años	128
Figura 46 Área delimitada y sus afluencias.....	129
Figura 47 Hidrograma de descargar máximas en el Aforo	131
Figura 48 Calculo de sección de un alcantarillado rectangular con Hcanales.	133
Figura 49 Calculo de sección de un alcantarillado circular con Hcanales.	133
Figura 50 Tramo de alcantarillado según delimitación.	134

RESUMEN

La presente investigación parte de la problemática: ¿De qué manera se relaciona el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo?, tuvo como objetivo en: Determinar la relación entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo; e hipótesis principal: Existe una relación directa y significativamente entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación en la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo.

Respecto a la metodología que se utilizará será de tipo aplicado, de nivel Descriptivo – Correlacional y diseño: no experimental; de técnica estadística no paramétrica. Se analiza con la recolección de datos hidrometeorológico de la estación climatológico cerca a la zona de estudio proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

El aporte de la presente investigación en base a los resultados obtenidos es brindar el planteamiento de un estudio y diseño capaz de conducir los caudales de aguas pluviales; y así solucionar el problema que afecta a la población de Huancayo.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica, Alcantarillado Pluvial, Precipitación Máxima, Intensidad, Escorrentía y Caudal.

ABSTRACT

The present investigation starts from the problematic: How does the hydraulic modeling of precipitation intensity relate to the evacuation of rainwater from the city of Huancayo? The objective was to: Determine the relationship between hydraulic modeling of the precipitation intensity with the evacuation of rainwater from the city of Huancayo; and main hypothesis: There is a direct and significant relationship between the hydraulic modeling of rainfall intensity with the evacuation of rainwater from the city of Huancayo.

Regarding the methodology that will be used, it will be of the applied type, of Descriptive level - Correlational and design: not experimental; of nonparametric statistical technique. It is analyzed with the hydrometeorological data collection of the climatological stations near the study area, which will be provided by the National Service of Meteorology and Hydrology.

The contribution of this research based on the results obtained is to provide the approach of a study and design capable of conducting the flow of rainwater; and thus solve the problem that affects the population of Huancayo.

Keywords: Hydrographic Basin, Storm Sewer, Maximum Precipitation, Intensity, Runoff and Flow.

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de las concentraciones urbanas impone una serie de situaciones conflictivas entre sus habitantes y el agua. Uno de estos conflictos es originado por el escurrimiento superficial por causa de un deficiente sistema del drenaje pluvial.

En la actualidad, a menudo se observa en nuestra ciudad que es azotada por fuertes precipitaciones. Como consecuencia de ello ocurren muchas inundaciones debido a que no cuentan con un adecuado sistema de alcantarillado y eficiente.

El ingreso de los volúmenes de las aguas pluviales, provenientes de las intensas y prolongadas precipitaciones, en las redes recolectoras de aguas residuales en la ciudad del Huancayo ocasiona en muchos casos, que la capacidad de conducción de estas redes para la cual fueron diseñadas, sea insuficiente para transportar los volúmenes de aguas pluviales y aguas residuales conjuntamente.

Sin embargo, en la época de mayores precipitaciones el volumen que conduce el sistema es afectado e influenciado por el agua proveniente de las lluvias. Estas situaciones ocasionan muchos desastres como: viviendas destruidas, calles inundadas, entre otras.

La presente investigación se orienta a estudiar, evaluar la incidencia de la precipitación y realizar un modelamiento hidráulico. De esa manera poder determinar los impactos generados dentro de la zona de estudio.

Por tal motivo es necesario realizar el modelamiento de la precipitación a fin de que éstos puedan ser aplicados en los diseños de sistemas de drenaje dando una mejor alternativa de solución.

Para un mejor entendimiento del desarrollo de esta tesis se ha subdividido en los siguientes capítulos principales, las cuales son:

Capítulo I: se describe el Planteamiento del problema, Problema General, Problemas Específicos, Objetivo General, Objetivos Específicos, Justificación Práctica, Metodología y Delimitación.

Capítulo II: en el Marco teórico se desarrolló los Antecedentes y Marco Conceptual, que engloba aspectos fundamentales de drenaje urbano con bases teóricas que sirven para el desarrollo de la tesis.,

Capítulo III: Metodología, en el presente capítulo se desarrolló el Tipo de estudio, Nivel de estudio, Diseño de estudio, Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Capítulo VI Con los resultados se realiza estudios básicos de ingeniería basados en la recolección de datos y el procesamiento en gabinete con la utilización de software QGis V.3.4.12, HidroEsta y Hec-HMS que sirven de base para obtener el caudal pico y Hcanales para determinar el ancho de solera y tirante normal.

Capítulo V se hace la discusión de los resultados obtenidos y se propone el diseño hidráulico. También se dan las conclusiones y recomendaciones.

Espero que la investigación de la presente Tesis constituya un aporte a la urgente necesidad de dar una solución al colapso del sistema de alcantarillado existente producto de las precipitaciones extraordinarias en nuestra ciudad de Huancayo.

El autor

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

Los procesos urbanísticos, es decir, la conversión de un sistema ecológico natural a uno urbano, son responsables de varios efectos sobre el ambiente, tales como alteración de la composición de la atmósfera, de los parámetros hidrológicos de la cuenca, la geomorfología de los cauces y de otros cuerpos de agua, así como de las condiciones naturales del suelo.

Un problema que aqueja a la sociedad es la insuficiente capacidad de conducción de aguas pluviales, debido que no cuentan con sistemas de drenaje, este hecho hace que la ciudad queda inundada en época de lluvias.

En nuestra ciudad es frecuente presenciar la inundación de las calles, generalmente a consecuencia del aumento de la escorrentía provenientes de las precipitaciones que ocurren entre los meses de diciembre a marzo, prolongándose inclusive hasta los meses de mayo.

Las avenidas principales de la ciudad así como la calle Real una de las avenidas importante e histórico, ubicadas en la parte centro de la ciudad de Huancayo, han sido identificadas como una zona crítica, debido a que existen reportes de los pobladores hacia la Eps Sedam Huancayo y a la Municipalidad donde indican que se originan atascamientos y rebose, lo cual ocasiona la presencia de aguas negras en las calzadas, por el incremento de la intensidad de las precipitación en la época de lluvias, que pueden afectar a las veredas, áreas verdes, deterioro

de la capa asfáltica y deterioro de las estructuras de las viviendas adyacentes, causando inconvenientes a los pobladores de manera directa.

Teodoro Morán Molina, encargado en prevención de desastres del área de Defensa Civil de la comuna huanca refiere que, para solucionar el colapso, se requiere del cambio total del sistema de alcantarillado, una obra que implicaría una inversión millonaria.

Explicó que la Municipalidad se encarga del sistema de alcantarillado pluvial, pero solo se abocan a la limpieza de la red existente, es decir de las cunetas y los sumideros.

Por su parte Deivi Córdova Girón, jefe del área de mantenimiento de la empresa Sedam Huancayo precisó que el alcantarillado colapsa en época de lluvias porque más del 90% de las viviendas tienen conectadas sus redes pluviales al alcantarillado sanitario, lo cual genera una sobrecarga incontrolable, que causa muchas veces las inundaciones dentro de las mismas viviendas.

(Ana Cecilia Matías del diario Correo), publica una edición donde menciona “Urge proyecto integral de drenaje pluvial en Huancayo” y hace una entrevista al ingeniero sanitario Marcelino Ramírez, en donde menciona, “desde la década de los 90 que el problema no se resuelve y es que no solo se trata de colectores individuales para el agua de lluvia”. Con más de 495,000 habitantes, Huancayo aún no cuentan con un sistema de drenaje pluvial que evite la inundación de las calles, ni en el mismo centro de la ciudad.

Sin embargo, el drenaje pluvial es responsabilidad de los gobiernos locales y con la nueva Ley de Drenaje Pluvial (cuyo reglamento fue aprobado en noviembre de 2018 a través del Decreto Legislativo N°1356), también de los gobiernos

regionales. A estos últimos, les corresponde planificar e incorporar un Plan de Desarrollo Regional Concertado, con proyectos de inversión en drenaje pluvial, que elaboren los gobiernos locales y apoyarlos técnica y financieramente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se relaciona el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué relación existe entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo?
- ¿Por qué los eventos torrenciales producen efectos en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo?
- ¿Cuál es la relación que se da entre el flujo de escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo?

1.3. Justificación

1.3.1. Social o práctica

La justificación recae en preservar la salud de la población, contribuye a resolver el problema de evacuación de aguas pluviales para brindar adecuada transitabilidad vehicular y peatonal. Además, plantea alcanzar soluciones

sostenibles mediante una propuesta adecuada para el sistema alcantarillado pluvial en la ciudad de Huancayo.

1.3.2. Metodológica

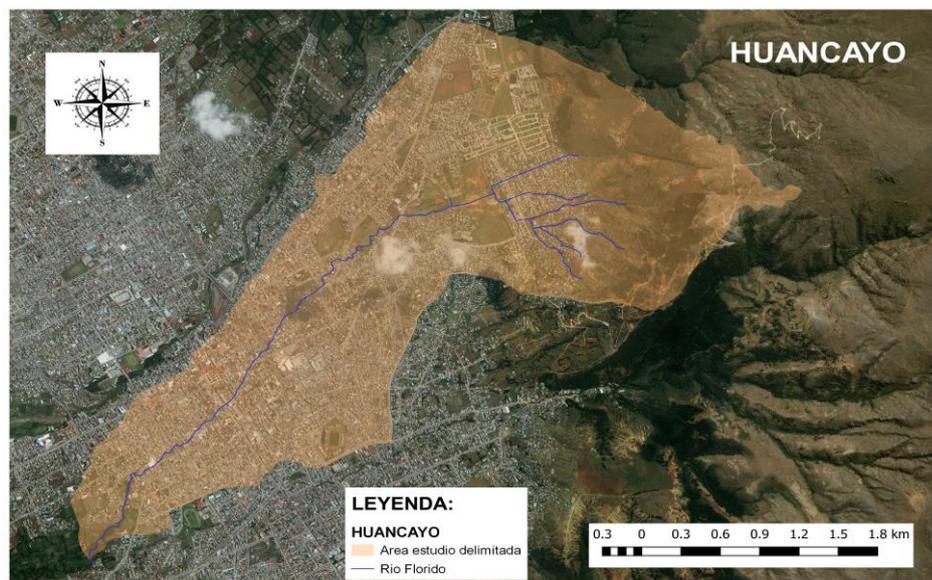
La presente está basada en el método científico, el tipo de investigación cuantitativa y propone una metodología de diseño en la evacuación de aguas pluviales, la misma que contribuirá a investigaciones similares.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Espacial

La investigación se desarrolla en la ciudad de Huancayo, a una altitud Promedio 3245 msnm y tiene una Superficie: 9.137 Km²., como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 1 Área de estudio



Fuente: Elaborado propia

1.4.2. Temporal

La investigación se ejecuta con una data de 28 años al 2019.

1.5. Limitaciones de la Investigación

1.5.1. Limitaciones de zona de Investigación

La siguiente investigación se limita al estudio del área de la cuenca urbana de la ciudad de Huancayo, sin consideraciones de sus interflujos.

1.5.2. Limitaciones del Estudio

La presente investigación está limitada al estudio de las aguas pluviales.

La presente investigación se limita al cálculo de los caudales producido por aguas pluviales.

Se limita al uso y comparación de diferentes fórmulas, que determinarán los caudales a partir de sus parámetros.

1.5.3. Limitaciones de Información

La presente investigación se limita al uso como referencia del modelo de elevación digital obtenidos de la Nasa-, siendo estos corroborados por el GPS Germin en obtención de coordenadas, cotas e Imágenes Satelitales hecho para la investigación.

Se limita a la información hidrológica procesada de las estaciones Santa Ana.

Se limita a la información del plano general del sistema alcantarillado de la ciudad de Huancayo proporcionada por parte de la Eps Sedam-Huancayo,

datos corroborados al momento de realizar la inspección en la zona de estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la relación entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.
- Explicar los efectos de los eventos torrenciales en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.
- Determinar la relación entre el flujo de escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Internacionales

(Garcia, 2016) En su tesis “Aplicación de un Modelo Hidrológico para Simular el comportamiento de una Microcuenca Urbana en la Ciudad de Ocaña, que Afectan las Áreas Bajas de los Barrios Sesquicentenarios, las Llanadas y la Circunvalar” de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña – Colombia. El proyecto consiste en aplicar un modelo hidrológico que permita analizar el comportamiento de las micro-cuencas urbanas, con el fin de determinar las estructuras hidráulicas, se trabajó una data de precipitación máxima en 24 horas de 10 años. Para la selección del método de función de distribución de probabilidad se realizó por medio del análisis gráfico, lo cual fue elegido el método de Gumbel, periodo de retorno de 10 años, igualmente y aplicando el método racional se determinó el caudal máximo. Así realizaron los cálculos necesarios para obtener un volumen general del agua que escurre a través de la cuenca y diseñaron obras hidráulicas de captación y direccionamiento.

(Alejandro, 2016) en su tesis titulado “Modificaciones en el riesgo de inundación fluvial debido al desarrollo urbano junto a ríos de llanura. Estudio de caso: la ciudad de Gualeguaychú” de la Universidad Nacional del Litoral. La investigación trato estudiar principalmente al río Gualeguaychú, teniendo como objetivo general; evaluar las consecuencias del avance de la

urbanización en zonas inundables y de las obras que se han realizado en estas áreas interfiriendo con el flujo en situaciones de crecidas del río, determinando su influencia en los niveles de las inundaciones y la tendencia en la modificación del riesgo de inundación en el borde costero de la ciudad y zonas aledañas. En donde se realizó el estudio del comportamiento del río, informaciones de caudales, así mismo la modelación hidrológica de la cuenca con el modelo de transformación lluvia-caudal HEC-HMS y la modelación hidráulica del tramo inferior del río con el modelo HEC-RAS. Considerando el crecimiento urbano de los últimos 20 años a través de información cartográfica e imágenes satelitales. Teniendo como resultado; que la amenaza se debe principalmente al incremento de niveles por las obstrucciones al flujo de las obras de infraestructuras realizadas y la urbanización del área de estudio.

(Cabrera, 2017) en su tesis titulado “Evaluación del modelo HEC-HMS para la simulación hidrológica de una cuenca de páramo” de la Universidad de Cuenca. Cuya investigación analizó el modelo semi-distribuido HEC-HMS, para la simulación de los procesos de lluvia-escorrentía en una cuenca. Planteando como objetivos; Analizar datos hidrometeorológicos, Calibrar y validar el modelo hidrológico HEC-HMS en la cuenca y determinar la precisión del modelo en la simulación de los componentes del flujo: escorrentía superficial y flujo base. Llegando a realización de la calibración y validación durante 3 años comprendidos entre julio-2013 a junio-2016. Donde se aplicaron métodos como el módulo Soil Moisture Accounting (SMA) (Contenido de la Humedad del Suelo), polígonos de Thiessen (distribución de la lluvia,) y el método de Penman Monteith (Evapotranspiración). Obteniendo como Resultados que; el 83% del agua se infiltra en el suelo mientras que solo el

17% es retenido en plantas y la superficie del suelo, el agua es retenida por aprox. 42 días antes de llegar al río y más del 60% del flujo corresponde a flujo sub-superficial.

(Rendón, 2013) en su tesis “Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca” de la Universidad Politécnica de Catalunya. Cuya investigación requiere la obtención las precipitaciones máximas de diseño, Patrones de precipitación, Curvas Intensidad Duración y frecuencia de la zona o regionales, para obtener la variabilidad de la lluvia en intervalos de tiempo adecuados para la hidrología Urbana. Teniendo como objetivo simular el comportamiento hidrológico urbano. Donde realizaron la determinación de la lluvia para el periodo, también la evaluación de la zona. Se eligió la distribución que más se ajusta, se utilizó el método del Bloques alternados para la obtención de los Hietogramas de la zona y entre otras características de la subcuenca para aplicar en el modelo. En este caso se realizó el modelamiento de los conductos de alcantarillado bajo un Modelo conceptual, de la forma como se vierte la escorrentía de subcuencas urbanas en la red de drenaje y se utiliza el programa SWMM. En este caso para los fines de nuestra investigación facilita el planeamiento y criterios a considerar en un sistema de drenaje urbana.

(Aranda, 2009) En su tesis “Simulación Continua de Lluvias para el Diseño de Sistemas de Drenaje Urbano” de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En su investigación compara y analiza un método basado en la simulación continua para el diseño de Sistemas de Drenaje Urbano de aguas lluvia. En donde la simulación continua utiliza un registro completo y amplio de precipitaciones para estimar la respuesta de la cuenca y generar a su vez

un registro continuo de variables de diseño de interés. Esta metodología fue aplicada en cuencas urbanas de las ciudades de Chillán y Santiago, para obtener funciones de distribución de los parámetros asociados a la escorrentía. Se realizó la comparación de estas funciones con las estimadas a partir del uso de tormentas de diseño, para obtener de manera confiable condiciones de caudales máximos de eventos menos frecuentes. La mayor diferencia se presenta en el hecho que la simulación de eventos aislados no reproduce en buena forma la distribución de volúmenes, concluyendo que no son representativas para dimensionar elementos que favorezcan la retención o la infiltración. Finalmente se analizó la curva de frecuencia obtenida por la simulación continua para evaluar los efectos sobre los caudales máximos y volúmenes de escorrentía al incorporar elementos de retención y control en la cuenca. Los resultados son importantes para los volúmenes escurridos de las tormentas más frecuentes en términos del volumen de escorrentía promedio anual, reteniendo y/o controlando la totalidad de estos eventos.

Nacionales

(Chagua, 2018) en su tesis titulado “Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS” de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación comprende el análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del río mala. Teniendo como objetivo principal; realizar un análisis hidrológico e hidráulico para obtener mapas de inundación usando los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS, y el Sistema de Información Geográfica ARCGIS. Realizando la

recolección de datos para el análisis hidrológico, la precipitación máxima en 24 horas, realizo la corrección recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), análisis probabilístico de distribución normal, distribución de Gumbel y la distribución Pearson tipo III, la elaboración de hietograma de diseño por el método de bloques alternos y la simulación hidrológica a través del modelo matemático HEC-HMS obteniendo como resultado los caudales de diseño para los periodos de retorno de 100 y 500 años. Por otro lado, el análisis hidráulico comprende el reconocimiento de campo, la generación de curvas de nivel a través del DEM proporcionado por la NASA, la generación de la trayectoria y secciones del río y por último la simulación hidráulica con los caudales de diseños obtenidos en el análisis hidrológico. Llegando a la conclusión para el periodo de retorno de 100 años el área de inundada por el río Mala es de 177,140 m² equivalente a 17.714 Ha., y para un periodo de retorno de 500 años el área de inundada es de 254,170 m. equivalente a 25.417 Ha.

(Mamani, 2014) en su tesis titulado “Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri - Puno” de la Universidad Nacional del Altiplano. El estudio tiene como objetivo; determinar las zonas de riesgo de inundación por máximas avenidas del río Ayaviri, mediante el modelamiento con caudales máximos para proponer la protección de obras de infraestructura existentes en la zona urbana de la ciudad de Ayaviri margen derecha e izquierda. Tuvo como base; la determinación de caudales máximos para distintos períodos de retomo y la simulación de la dinámica de los flujos desbordados correspondientes a dichos caudales, y finalmente la elaboración de los mapas de riesgo. Donde se aplicó el modelo

hidrológico HEC-HMS, donde permite la transformación de lluvia en escorrentía superficial, determinándose los hidrogramas de caudales máximos para cada periodo de retorno y el ArcGis. Así para lograr el análisis hidráulico y modelamiento espacial se integró el software de análisis hidráulico HEC-RAS y la extensión del ArcGIS HEC-GeoRAS generando como resultado mapas de inundación espacialmente georeferenciado, para perfiles de flujo de 5, 50 y 100 años donde se puede evaluar el impacto de posibles inundaciones en la ciudad de Ayaviri ámbito de la cuenca del río Ayaviri. En donde llega a la conclusión para diferentes periodos de retorno como son T= 5 años con un caudal de $126.40 \frac{m^3}{seg}$, T= 50 años con un caudal de $424.20 \frac{m^3}{seg}$, y el caudal máximo alcanzado para un periodo de retorno de 100 años es de $495.80 \frac{m^3}{seg}$, el mismo que permitió visualizar 253.03 ha de áreas inundadas en ambas márgenes del río Ayaviri, con un tirante de agua hasta 1.18 m y la velocidad promedio del flujo es de $2.72 \frac{m}{seg}$. Las áreas que conllevan mayor riesgo son las que tienen un tirante mayor a 1 metro, que se constituyen en un 33.33% de la superficie inundada, todos ellos analizados para un perfil de flujo de 100 años.

(Varona , 2018) en su tesis titulado “Modelo hidrológico de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos usando Hec-Hms” de la Universidad de Piura. La investigación tiene como objetivo principal; la modelación de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos, basada en la información recopilada en las estaciones más cercanas al área de estudio. De esta manera, se obtuvo los caudales producto de la escorrentía y su influencia en la entrada del reservorio Poechos.

También se realizó un estudio general de la cuenca, asimismo se realizó una descripción del programa Hec-Hms y sus aplicaciones, describir el proceso de modelación de la cuenca. Llegando a la conclusión de que el programa Hec-Hms evalúa eventos de manera independiente a otros, lo cual influye en la impermeabilidad o permeabilidad que el suelo pueda tener al momento de darse un evento. Por ello, se ha tratado de conseguir mediante esta modelación datos promedio que logren dar resultados que se acerquen a los reales.

(Puelles, 2015) en su tesis titulado “Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos Hec-Hms y Hec-Georas” de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La investigación tuvo como objetivo, plantear soluciones para poder mitigar los daños provocados por la crecida de agua de las quebradas. En ese sentido consistió en estimar las descargas máximas a partir de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en las estaciones cercanas para periodos de retorno de 100,200 y 500 años a través de un análisis de frecuencia lo cual se utilizó el programa HIDROESTA para determinar los caudales máximos que comprende el estudio hidrológico. Por otro lado, el modelamiento hidráulico se desarrolló con el Software HEC-RAS, el cual permite obtener los niveles de agua máximos en las quebradas mencionadas. Asimismo, se realizó un estudio de socavación con la finalidad de estudiar la acción erosiva del agua (a través de

calicatas). Llegando a una posible solución la construcción de obras de arte ya sea muros de concreto o de gaviones.

(Rojas, 2018) En su tesis; “Cálculo de Precipitaciones y Caudales de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano en Zonas De Huancavelica, Junín y Ayacucho” de la Pontificia Universidad Católica Perú. La investigación tuvo como objetivo dar a conocer los métodos de cálculo que se presentan en el proyecto de norma OS.060. Así mismo, se busca aplicar estos métodos de cálculo en el diseño de drenaje pluvial en las zonas andinas del país. Los métodos que se aplicaron fue analizar y aplicar para el cálculo de caudal de diseño (Método racional y método del hidrograma unitario). En relación al cálculo de precipitación, se elaboró los diagramas de curvas Intensidad-Duración- Frecuencia, a partir de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas brindadas por SENAMHI. Asimismo, logrando un alcance del proyecto del análisis de los métodos de cálculo de precipitaciones y caudales de diseño para alcantarillado urbano.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Modelamiento hidrológico e hidráulico

Según (Jimenez D. J., 2009) Propone aumentar el conocimiento en los métodos matemáticos para la modelación de drenaje de aguas lluvias y demostrar que estos son de gran ayuda en la toma de decisiones a corto y largo plazo. Donde también hace una descripción de la literatura, métodos teóricos, informáticos para el diseño y análisis del sistema de aguas lluvias. Es por ello que han sido abundantemente estudiados por ingenieros donde lograron desarrollar conocimiento que nos facilite un diseño hidráulico de los sistemas de drenaje.

2.2.2. Recopilación de la Información

Consideraciones básicas para realizar el modelaje, son los siguientes:

a. Información Pluviométrica.

Para la obtención de la intensidad se requiere datos de precipitaciones máximas, en ese sentido nos recomienda la norma contar con un mínimo de 25 años de registro que nos permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables.

b. Usos de Suelo

Conocer el área de estudio como: uso residencial densidad baja y densidad alta, comercio, industrial, zona de vegetación, pavimentación, etc. Es por ellos según la condición de los suelos serán considerados para el cálculo de la escorrentía de aguas lluvias y el número de curva, de estos obtendremos factores que serán discutidos y alimentarán al modelo matemático.

c. Topografía

Obtener las curvas de nivel de la cuenca de interés que nos permitan representar el terreno.

d. Cuencas de drenaje

Considerar cuencas tributarias para el estudio teniendo en cuenta las curvas de nivel y la configuración de las redes de drenaje de la escorrentía del agua.

2.2.3. Análisis Hidrológico y Geomorfológico

Según (Mendoza, Aldana, & Castolo, 2017), menciona que, el análisis hidrológico se requiere la información pluviométrica para determinar la intensidad de lluvia. Con esta información se obtiene un hietograma de diseño de una tormenta de cuatro horas para un periodo de retorno de diez años. Además, realiza el análisis geomorfológico de la zona de estudio con el objetivo de generar y definir las propiedades de las microcuencas con las que se construye el modelo hidrológico e hidráulico. Este análisis se divide en tres partes: delimitar las microcuencas, obtener las características topográficas y definir las características del suelo.

2.2.4. Hidrología

“La hidrología es la ciencia natural que estudia a la escorrentía, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos” (Villón, 2002, pág. 15).

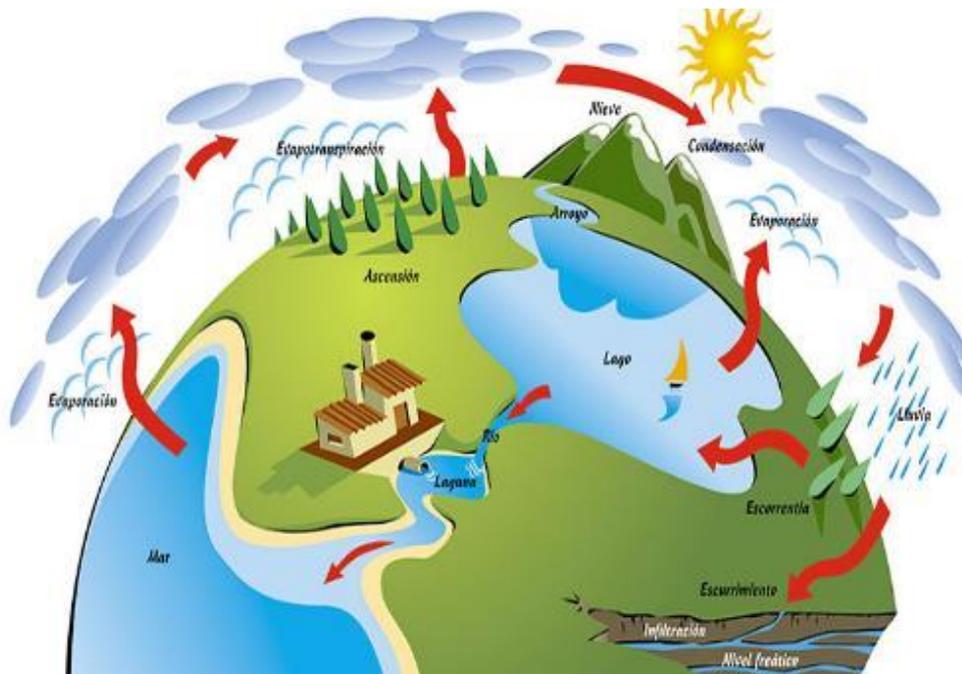
Como también lo definen a la hidrología, que describe y predice las variaciones espaciales y temporales del agua en la etapa terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global. Asimismo, describe el movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre incluyendo los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen a lo largo de su trayectoria. Dingman (1994) citado en (Rojas, 2018).

2.2.4.1. Ciclo Hidrológico

Según (Ordoñez J. J., ., 2011b, pág. 8) se considera:

El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

Figura 2 El ciclo hidrológico del agua

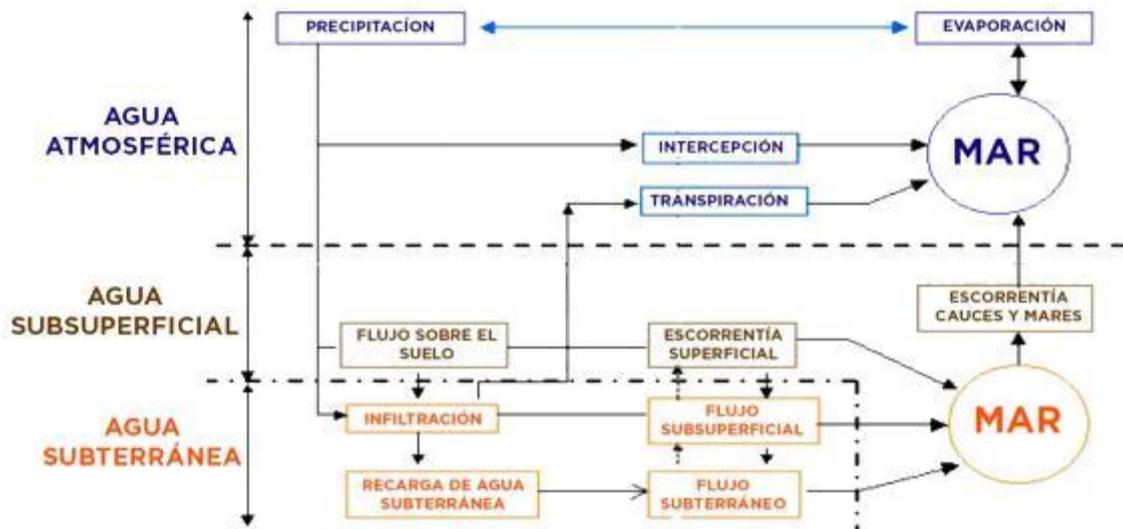


Fuente: <https://www.caracteristicas.co/ciclo-del-agua/>

2.2.4.2. Sistema hidrológico

“Los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema” (Guevarra & Cartaya, 1991) citado en (Ordoñez J. J., .., 2011c)

Figura 3 Representación del sistema hidrológico



Fuente: Estrela, 1992

2.2.4.3. Importancia de la Hidrología

Según (Villón, 2002, págs. 15,16) considera:

La importancia de la hidrología proporciona al Ingeniero o hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presenta en el diseño, la planeación y la operación de estructuras hidráulicas.

Estos diseños requieren del análisis hidrológico cuantitativos para la selección del evento de diseño necesario.

Asimismo (Flores, 2016, pág. 81) menciona:

En la actualidad la hidrología tiene un papel muy importante en el planeamiento del uso de los Recursos Hidráulicos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos y recreación. De otro lado, la integración de la hidrología con la Geografía matemática en especial a través de los sistemas de información geográfica ha conducido al uso

imprescindible del computador en el procesamiento de información existente y en la simulación de ocurrencia de eventos futuros.

2.2.4.4. Cuenca Hidrológica

(Aparicio, 1992, pág. 19) considerar:

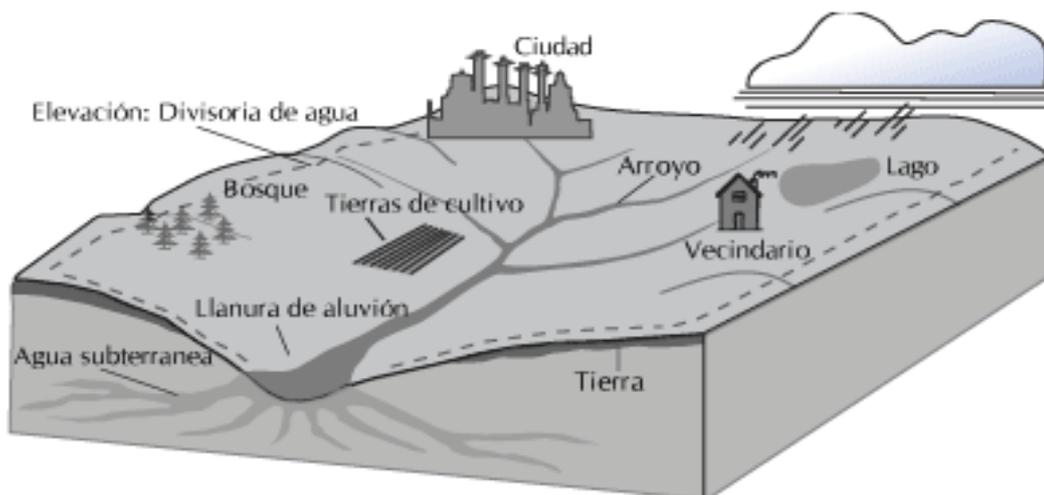
Una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve.

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable.

En caso de (Campos, 1992) afirma; “Es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida” (pág.2-1).

Figura 4 Elementos de una cuenca Hidrológica



Fuente: Blog Mundo Limpio 11

a. Características de la Cuenca Hidrológica

La cuenca hidrológica está formada principalmente por las condiciones topográficas y geológicas del terreno.

- Topográficas: se determina la forma, tamaño, pendiente, elevación, red de drenaje, uso, lagos, orientación.
- Geológicas: donde nos permite obtener el tipo de suelo, permeabilidad, estratificación.

b. Características Geomorfológicas de la Cuenca

Para determinarse el tamaño y la forma de la cuenca, subcuenca y microcuenca se requiere mapas topográficos. Teniendo en cuenta que los intervalos entre las curvas de nivel deben ser lo suficiente para poder distinguir la dirección del flujo superficial.

Cuadro 1 Clasificación según área de cuenca

Cuenca	Área
Muy pequeña	< 25 km ²
Pequeña	25 < A < 250 km ²
Intermedia pequeña	250 < A < 500 km ²
Intermedia grande	500 < A < 2500 km ²
Grande	2500 < A < 5000 km ²
Muy grande	> 5000 km ²

Fuente: (Campos, 1992, págs. 2 - 5)

c. Características Geomorfológicas del Cauce

- Cauce principal: Es la corriente de mayor orden que pasa por la salida de la cuenca.

- Longitud: Es la distancia del río principal entre un punto aguas abajo y aguas arriba, donde corta la línea de contorno de la cuenca.
- Pendiente: Es uno de los indicadores que nos permite obtener el grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta. Las pendientes varían a lo largo del cauce, por ello es necesario definir una pendiente media.

2.2.4.5. Morfometría de Cuencas Hidrográficas

Según (Gaspari, y otros, ., 2012) considera que las propiedades físicas de una cuenca de drenaje y sus cursos fluviales influyen en la cantidad de escorrentía generada y su desarrollo temporal. En ese sentido las propiedades pueden ser resultados de factores naturales y factores causados por la actividad humana.

Donde el análisis morfométrico es:

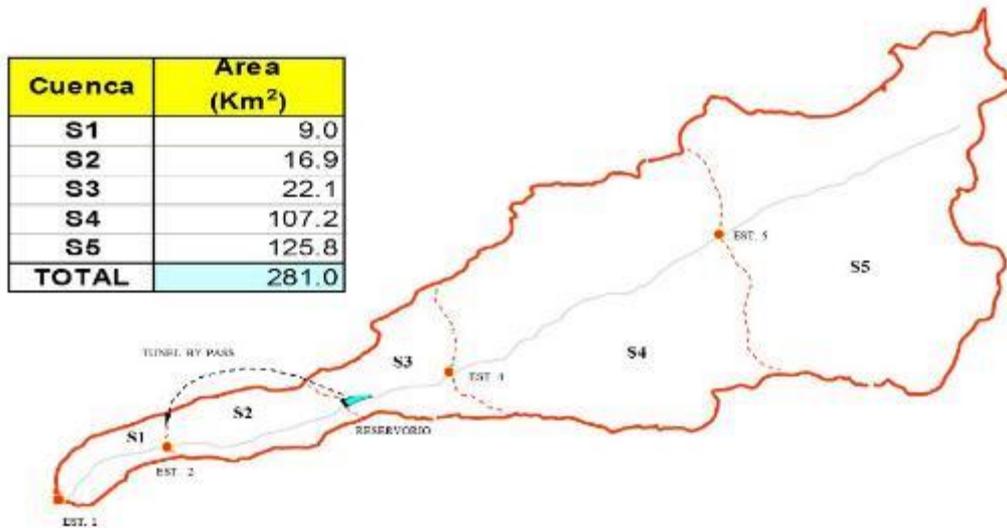
- Estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje;
- Ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.
- Nos permite realizar comparaciones entre cuencas.
- También permite conocer las características físicas de una cuenca.

a. Parámetros Morfométricos General de la cuenca

- Área de la cuenca (A)

“Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural” (Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 17)

Figura 5 Representación del Área de Cuenca



Fuente: Cuenca Hidrográfica, Hidrología General. 2010. Slideshare.

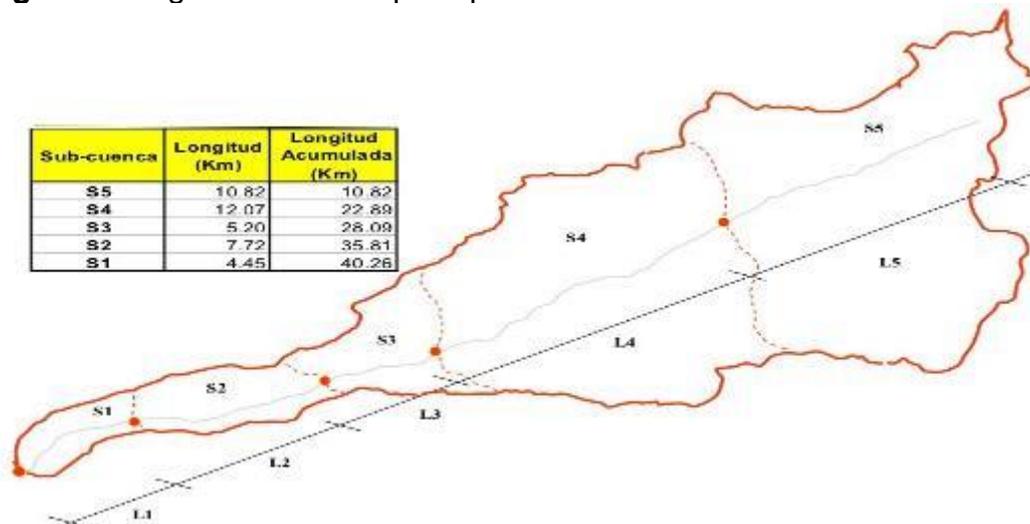
- Perímetro de la cuenca (P)

(Ordoñez J. J., ., 2011c) Afirma; “Es la longitud del contorno del área de la cuenca. Es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca” (pág.17).

- Longitud del río principal (L)

(Ordoñez J. J., ., 2011c) Considera; “Es la longitud del río principal de la cuenca, donde van a drenar todos los afluentes y quebradas” (pág.17).

Figura 6 Longitud del cauce principal



Fuente: Cuenca Hidrográfica, Hidrología General. 2010. Slideshare.

- **Ancho de la cuenca (B)**

“Es la relación entre el área y la longitud de la cuenca” (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, & Besteiro, Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas, 2013, pág. 51)

- **Desnivel altitudinal (DA)**

Es la diferencia entre la cota alta de la cuenca y la más baja.

$$H = H_{max} - H_{min} \dots \dots \dots \text{Ec. 1}$$

b. Parámetros Morfométricos Asociados a la Forma de la Cuenca

- **Factor de forma de Horton (Kf)**

Horton, ha sugerido un factor adimensional de forma designado como “Rf” que puede deducirse a partir de la siguiente expresión:

$$Rf = \frac{A}{L^2} \dots \dots \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

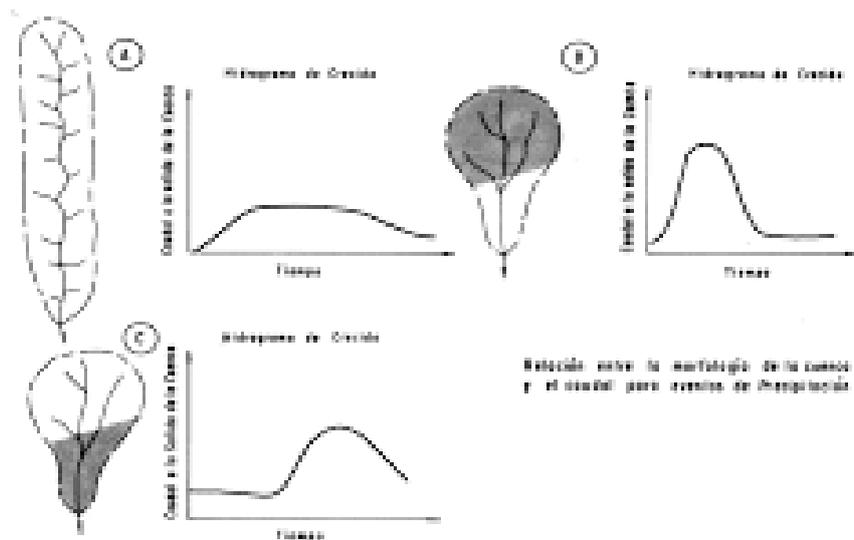
Rf : Factor adimensional de forma de Horton

A : Área de la cuenca

L : Longitud de máximo recorrido

Nota: Los valores obtenidos varían entre 0 y π ($0 < Rf < \pi$)

Figura 7 Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación



Fuente: Bell (1999)

Tabla 1 Valores Interpretativos del Factor Forma

Valores Aproximados	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada , ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy ensanchada
>1.200	Rodeando el Desagüe

Fuente:<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/MORFOM>
ETR%CDA.

- **Índice de compacidad (Kc):**

“El índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelius, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca” (Villón, 2002, pág. 41)

Es decir:

$$x = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28 * P}{\sqrt{A}} \dots \dots \dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

Kc = Índice de compacidad

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca

Según (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, & Besteiro, Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas, 2013, pág. 52) considera.

El Kc está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta la salida. En este momento ocurre la máxima concentración de agua, puesto que están llegando las gotas de lluvia de todos los puntos de la cuenca.

Tabla 2 Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Clase de forma	Índice de compacidad	Forma de cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval – Redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval – Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval – Oblonga a rectangular - Oblonga

Fuente: caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca (Campos, 1992)

- Coeficiente de Circularidad (Cc)

El coeficiente de circularidad de Miller se expresa mediante la siguiente expresión:

$$Cc = 4\pi \frac{A}{P^2} \dots \dots \dots \text{Ec. 4}$$

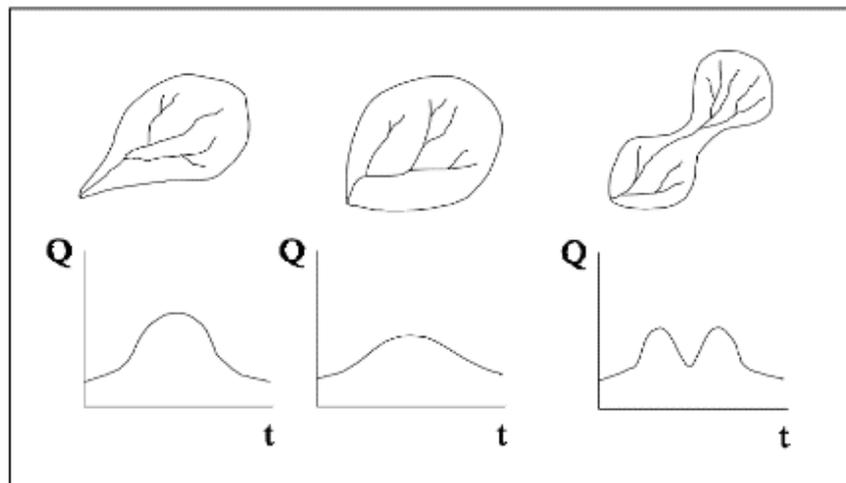
Donde:

A = Área de la cuenca

P = Perímetro de la cuenca

Según (Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 21) “El coeficiente de circularidad de Miller varía entre 0 y 1. En este caso, valores cercanos a 1 indican morfologías ensanchadas, mientras que unos coeficientes de circularidad cercanos a 0, indican que las cuencas son alargadas”.

Figura 8 Influencia de la forma



Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf

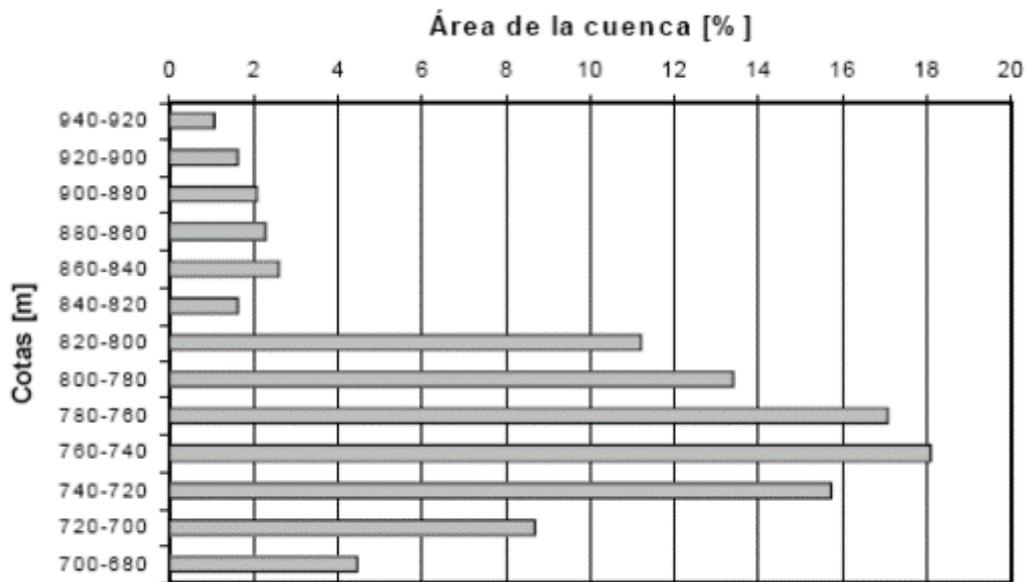
c. **Parámetros morfométrico asociados al relieve**

“La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una mayor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red drenaje y afluentes al curso principal” (Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 21).

Histograma de frecuencias de altitudes:

Representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca.

Figura 9 Representación de un Histograma Frecuencias de altitudes

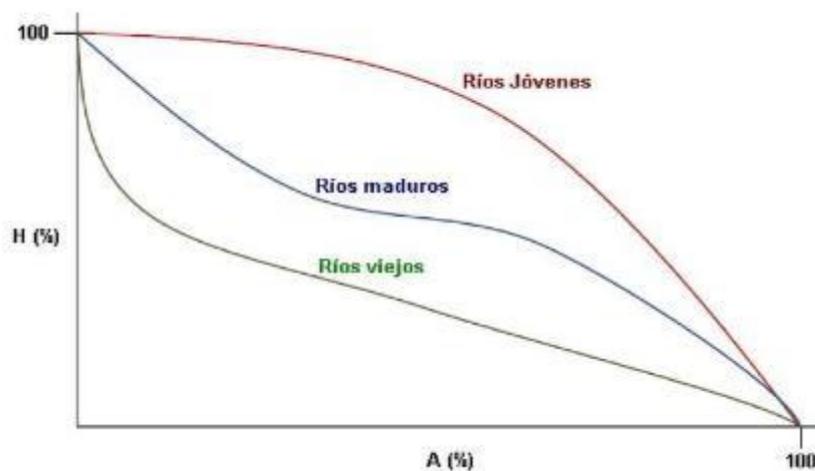


Fuente: Conceptos Básicos de Hidrología, Balance Hídrico, CATIE, 2009.

Curva hipsométrica

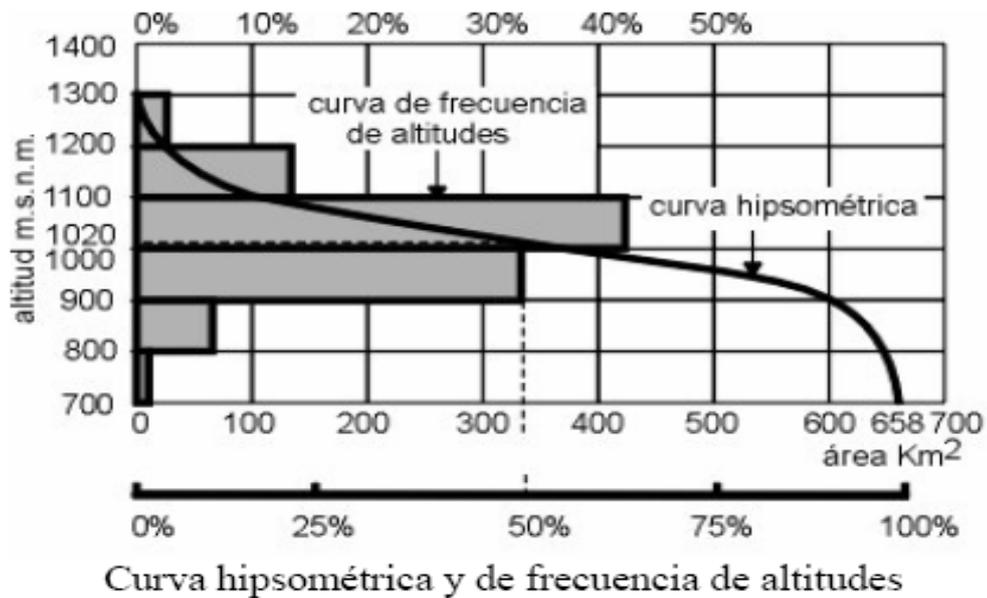
Es una curva que indica el porcentaje de área de la cuenca que existe por encima de una cota determinada. Se puede determinar con la información extraída del histograma de frecuencias de altitudes.

Figura 10 Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río



Fuente: Morfología de las cuencas hidrográficas. (Ibanez, Moreno & Gisbert, 2011)

Figura 11 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes



Fuente: Hidrología, (Villón, 2002, pág. 37)

Según (Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 22) menciona que los dos parámetros anteriores, se detalla los siguientes:

- Altura media. Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo.
- Altura más frecuente. Es al máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.
- Altitud de frecuencia media. Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes.

La elevación media de la cuenca se obtiene con la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\sum a * e}{A} \dots \dots \dots \text{Ec. 5}$$

Donde:

E_m = elevación media

- a = área entre dos contornos
- e = elevación media entre dos contornos
- A = Área total de la cuenca

Pendiente de Cuenca (S%):

Según (Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 24) dice:

Es un parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca. Uno de los métodos más representativos para el cálculo es el siguiente, se obtiene dividiendo la diferencia total de la altitud mayor del cauce (H_M-m) y la altitud menor del cauce (H_m-m) entre la longitud horizontal (L-km) del curso de agua entre esos dos puntos.

Se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{1000 * l} * 100 \dots \dots \dots \text{Ec. 6}$$

Donde:

H_M: Altitud mayor

H_m: Altitud menor

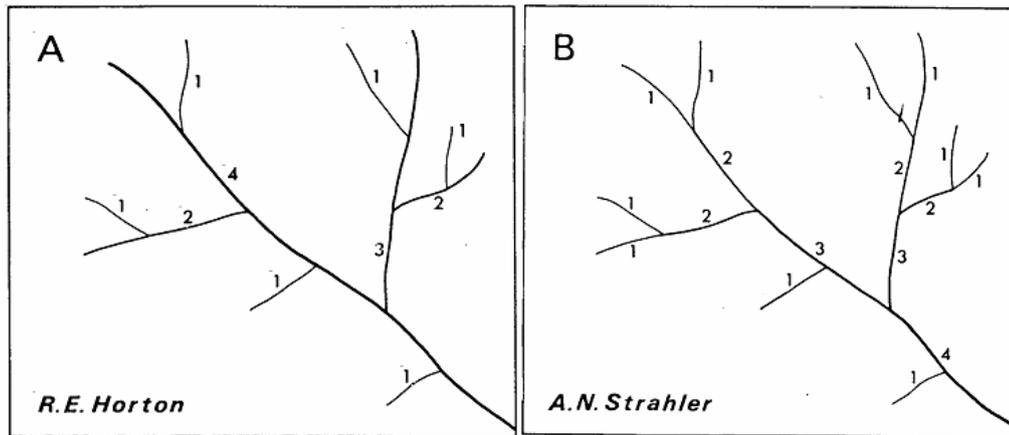
L : Longitud del curso de agua

d. Parámetros relativos a la red de drenaje

(Ordoñez J. J., ., 2011c, pág. 26)

La forma en que estén conectados los canales en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del drenaje en la escorrentía superficial directa.

Figura 12 Métodos de orden de ríos



Fuente: Gregory y Walling, 1973.

Longitud total de los cursos de agua (Lt):

Se define como la suma de la distancia total recorrida por los diferentes cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica de la cuenca.

Densidad de drenaje (D):

Según (Ordoñez J. , 2011,c.h.) menciona que,

Es reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a una precipitación. Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua y su área total.

Como se puede apreciar en la expresión:

$$D = \frac{\sum Lc}{A} \dots \dots \dots \text{Ec. 7}$$

Donde:

D = densidad de drenaje (km⁻¹)

ΣLc = suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca

A = Área de la cuenca

Tabla 3 Cuadro de respuesta en base a la densidad de drenaje

Densidad de drenaje	Valor de D	Textura
Baja	3 - 14	Grosera
Media	12 - 16	Media
Alta	30 - 40	Fina
Muy alta	20 - 500	Ultrafina

Fuente: Restauración hidrológica-forestal de la Cuenca del embalse de Cuevas de Almanzora, Emilio José Gómez Espigares. 2011

En donde:

$Dd < 0 = 0.5$, cuenca mal drenada

$Dd > 0 = 3.5$, cuenca bien drenada

Frecuencia de drenaje:

Se entiende como el número de cauces de cualquier orden entre la superficie de la cuenca, se utiliza la siguiente expresión:

$$F = \frac{Nc}{A} \dots \dots \dots \text{Ec. 8}$$

Donde:

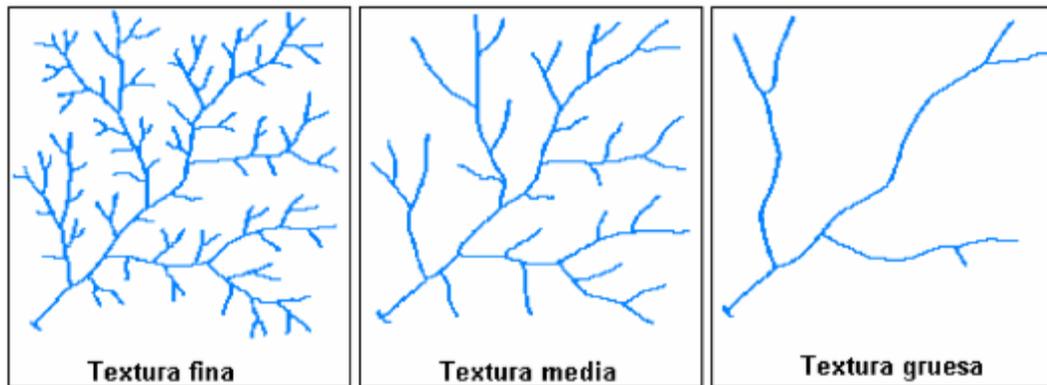
F = Frecuencia de drenaje

Nc = Número total de corrientes o cauces

A = Área total de la cuenca

El manejo conjunto de la densidad de drenaje y frecuencia de cauces, conlleva, en gran medida, la clasificación de cuencas, ya que, en muchas veces, existen cuencas muy diferentes con la misma frecuencia, que pueden distinguirse calculando su densidad de drenaje, o a la inversa.

Figura 13 Texturas de drenaje.



Fuente: http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_8459.pdf

Coefficiente de torrencialidad

Es el Índice que mide el grado de torrencialidad de la cuenca, teniendo en conocimiento que, a mayor magnitud, mayor grado de torrencialidad presenta una cuenca. Se determina con la siguiente expresión:

$$C_t = \frac{\# \text{Cauces orden 1}}{\text{Area cuenca (km}^2\text{)}}$$

2.2.5. Hidrología Urbana

Según (UNESCO-WMO1, 2001 citado por (Rojas, 2018) “La hidrología urbana es la rama de la hidrología que estudia la hidrología de las zonas urbanas y metropolitanas, en donde predominan las zonas casi impermeables y los relieves artificiales del terreno analizando en particular el efecto del desarrollo urbano”.

Es decir que se enfoca principalmente a resolver problemas de drenaje urbano de las ciudades.

Criterios a considerar:

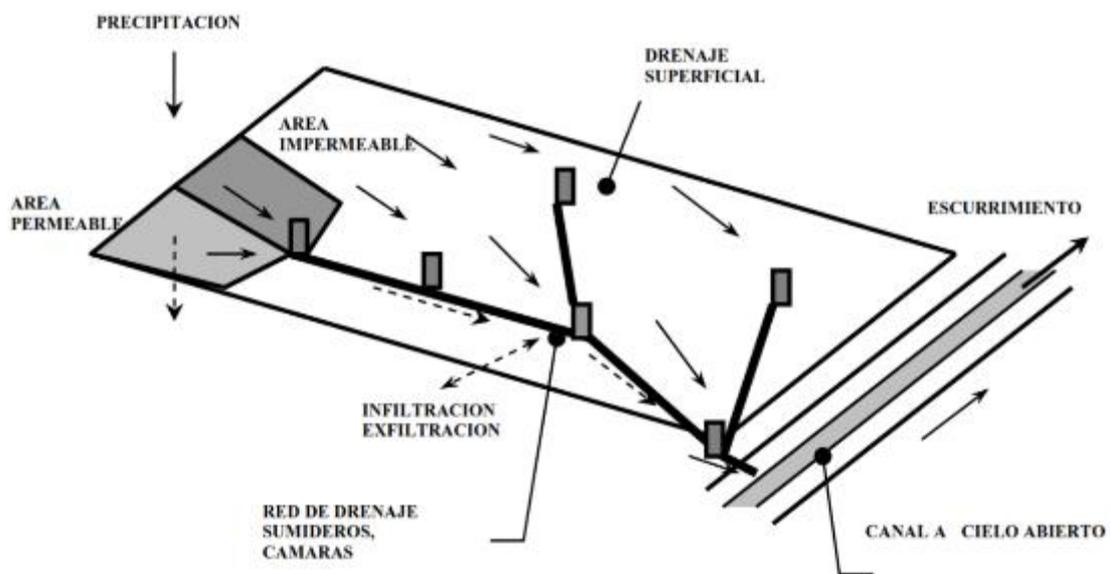
- Análisis y diseño de sistemas de drenaje

- Planeación y control de las tormentas en áreas urbanas
- Modelación de sistemas de drenaje urbano

2.2.5.1. Cuenca Urbana

según (Adrian R., 1997) menciona que las modificaciones fundamentalmente se manifestaron en cambios en la superficie de la cuenca y las vías de escurrimiento natural del flujo. La impermeabilización de la superficie de la cuenca implica reducción en áreas de infiltración con lo que aumenta el escurrimiento superficial y se reduce la infiltración, percolación, el escurrimiento sub-superficial y subterráneo como se puede apreciar en la Fig. 14.

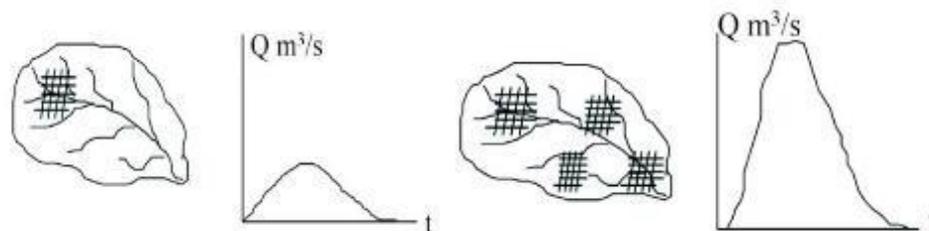
Figura 14 Sistema básico de redes pluviales separativos



Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

Asimismo, menciona que la zona impermeable de una ciudad que al crecer modifica la magnitud y velocidad del escurrimiento que producen las tormentas.

Figura 15 Cuenca Urbana



Fuente: <https://es.scribd.com/document/264593381/Concepto-de-Cuenca-Urbana.pdf>

a. Ciclo hidrológico urbano

Describe el almacenamiento y circulación del agua en la biosfera, atmósfera, litosfera e hidrosfera; que permite tratar tópicos como clima, hidrología, uso del suelo, aspectos ingeniería y ecología en áreas urbanas.

b. Cuenca urbanizada

Es la transformación de una gran parte de la superficie que tenía vegetación o suelo natural en área impermeable, debido a la construcción de viviendas, centros comerciales, calles, estacionamientos entre otros.

c. Efectos de la impermeabilización

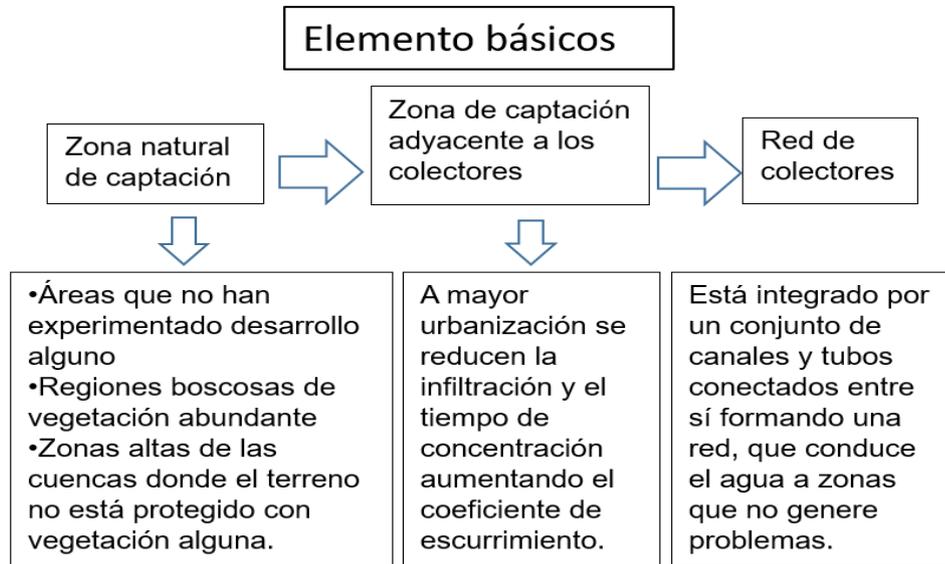
El agua de lluvia no se infiltra; por lo tanto, el volumen de escurrimiento se incrementa, su superficie es más lisa. Los cauces naturales son rectificados o reemplazados por tuberías, como resultado se incrementa el volumen y la velocidad del escurrimiento, generando gastos máximos.

d. Efectos de la urbanización

El incremento de los gastos máximos está en función directa del grado de urbanización e inversa de su periodo de retorno. Esto debido a que la urbanización aumenta el área impermeable y los eventos menos frecuentes o severos se presentan en las cuencas naturales que están muy saturadas, es decir, con condiciones similares a las que genera la urbanización.

2.2.5.2. Sistema de Drenaje Urbano

Es un conjunto de estructuras hidráulicas que almacenan, regulan y desalojan los escurrimientos producidos por las tormentas.

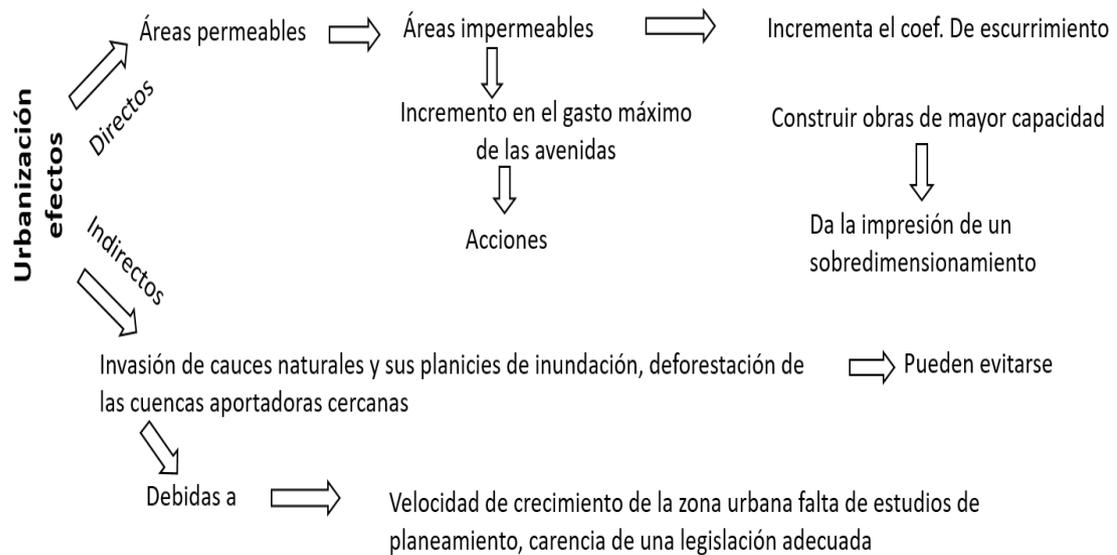


Fuente: Modificado según Concepto-de-Cuenca-Urbana.pdf

2.2.5.3. Efectos de la Urbanización en el Proceso Lluvia - Ecurrimiento

La consecuencia de la urbanización consiste en la modificación de las condiciones naturales que gobiernan el movimiento, la distribución y calidad del agua. Por lo cual intensifica y acelera el proceso lluvia - escurrimiento

Figura 16 Urbanización y sus efectos



Fuente: <https://es.scribd.com/document/264593381/Concepto-de-Cuenca-Urbana.pdf>

2.2.6. Redes de evacuación de Aguas Pluviales Urbano

Según la Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano define como un, Sistema que recoge, transporta y descarga aguas pluviales de ciudades siguiendo criterios urbanísticos; comprende el sistema menor y el sistema mayor.

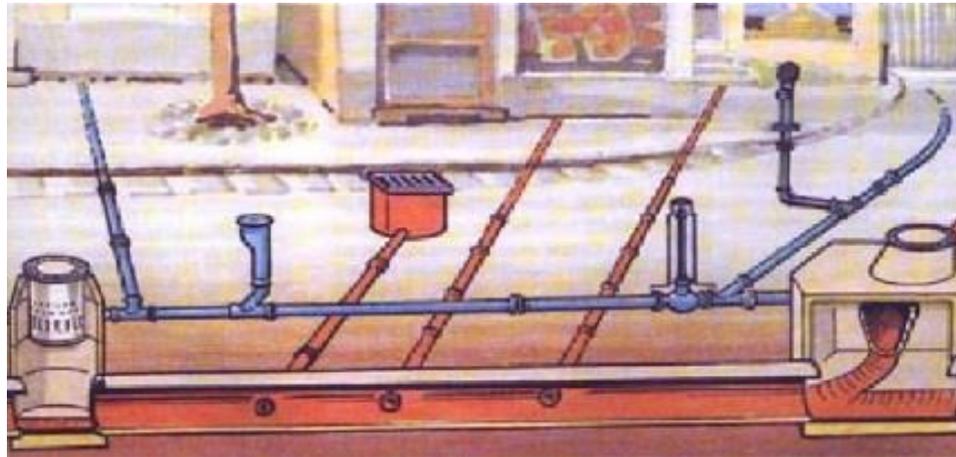
También se define “integrar la gestión del agua urbana, en particular las aguas pluviales, a un diseño urbano más moderno incluyendo la planificación del paisaje” según (Philip, 2011, citado en (Mendoza, Aldana, & Castolo, 2017)).

2.2.6.1. Sistemas de alcantarillado Urbano

La red de alcantarillado se considera un servicio básico en muchas ciudades de países. Actualmente en Huancayo con un chaparrón de apenas media hora dejó las calles de Huancayo convertidas en ríos. Eso se evidenció en la calle Real y vías alternas. Y la razón por la que ocurre este problema es que Huancayo tiene

un sistema de alcantarillado que data de unos 80 años atrás, según (Carmen Ramos del diario Correo, 2017) publicada en una edición.

Figura 17 Sistema de alcantarillado urbano



Fuente: Blog temas sobre ingeniería

2.2.6.2. Tipos de sistemas de alcantarillado

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales se clasifican según su tipo en:

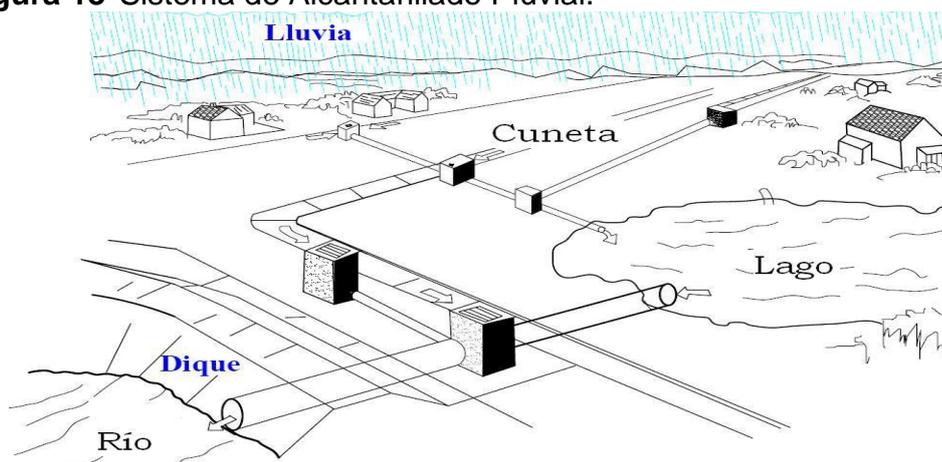
- a) Sistema unitario o combinado;** las aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema alcantarillado (Morales, 2004). Este sistema combinado puede ser utilizado cuando es indispensable para transportar las aguas lluvias por conductos enterrados y no se pueden emplear sistemas de drenaje superficiales, debido al tamaño de las áreas a drenar, topográfica. Este sistema es útil en áreas urbanas densamente pobladas, donde los volúmenes anuales drenados de aguas residuales son mayores que los de aguas lluvias y por lo tanto su incidencia en los costos de tratamiento de efluentes es moderada.

b) Sistema Semi-combinado: Recolecta las aguas residuales y un porcentaje de las aguas pluviales provenientes de los domicilios y es transportada por una sola red de tuberías. (Chilón & Valdez, 2011)

c) Sistema independiente o separado: Permite la evacuación independiente, por medio de dos redes separadas, aguas residuales y las aguas provenientes de las lluvias, ya que la disposición del caudal pluvial puede ser diferente, permitiendo este su reutilización para el riego de plantaciones o un tratamiento simple. (Morales, 2004).

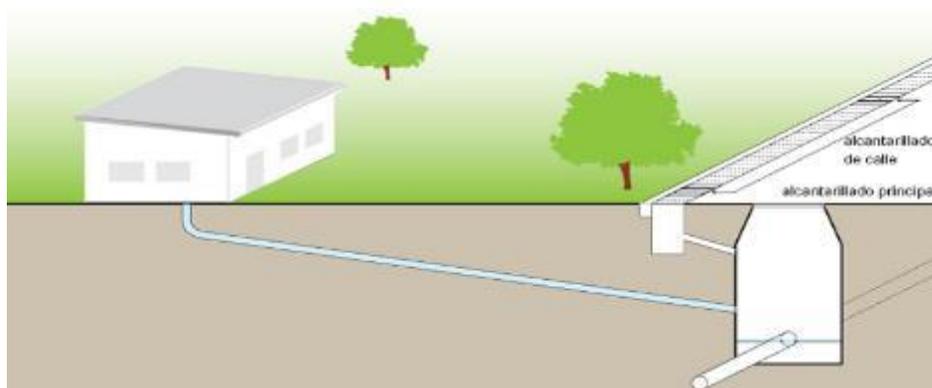
- alcantarillado pluvial
- alcantarillado sanitario.

Figura 18 Sistema de Alcantarillado Pluvial.



Fuente: libro comisión nacional del agua

Figura 19 Sistema Alcantarillado Combinado.



Fuente: Blog alianza por el agua

2.2.6.3. Sistema Alcantarillado Pluvial

Según (Ignacio, 2014, pág. 2) considera,

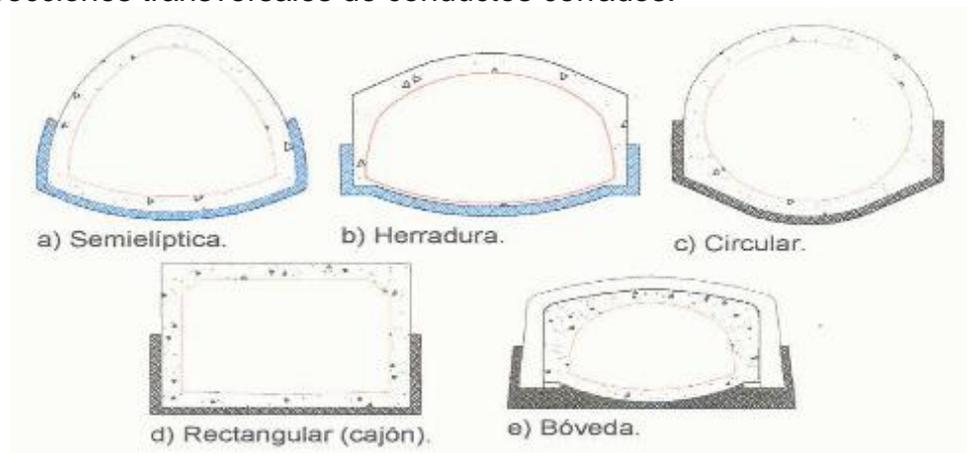
El desarrollo urbano altera de manera importante la hidrología de las cuencas donde se origina. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia escorrentía. Como consecuencia de la actividad urbanizada, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original deben ser conservados y adecuados a las nuevas condiciones, esto para que no afecte de forma directa a su capacidad de desagüe y por tanto no se propicie la existencia de inundaciones.

Estructuras de Conducción.

Según (Ignacio, 2014, pág.12) menciona;

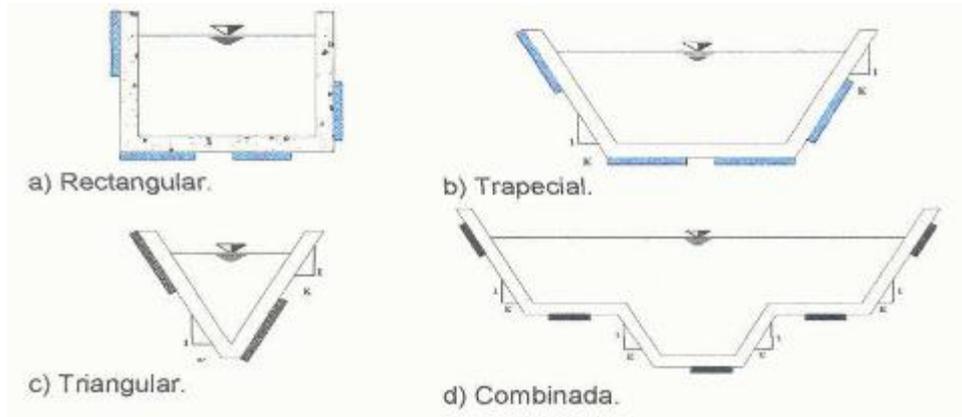
Son todas aquellas estructuras que transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hasta el sitio de vertido o descarga. Se pueden clasificar de acuerdo a la importancia del conducto dentro del sistema de drenaje o según el material y método de construcción.

Figura 20 Secciones transversales de conductos cerrados.



Fuente: Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades.pdf

Figura 21 Secciones transversales de conductos a cielo abierto.



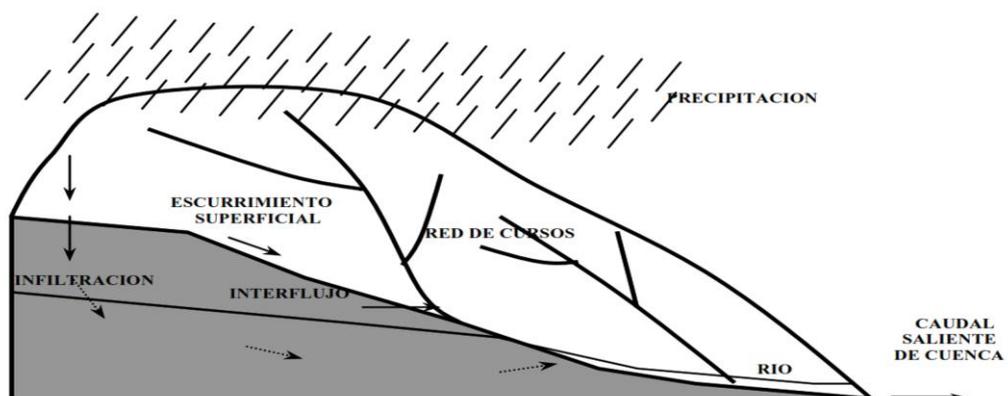
Fuente: Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades.Pdf

2.3. Base Conceptual

2.3.1. Los procesos hidrológicos y el modelado

“Compara mediante una modelación hidrológica e hidráulica el comportamiento de las aguas pluviales en condiciones urbanas actuales y en condiciones de restauración hidrológica, para evaluar los impactos o beneficios que cada condición genere en la subcuenca de estudio”. (Mendoza, Aldana, & Castolo, 2017)

Figura 22 perfil longitudinal de una cuenca rural. Principales procesos hidrológicos.



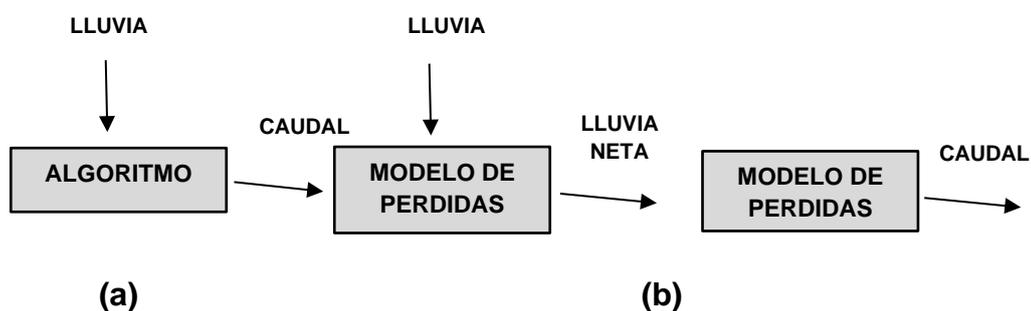
Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

Modelos y procesos hidrológicos del ciclo lluvia - caudal

Según (Adrian R., 1997) considera algunos modelos que contemplan distintos grados de aproximación a la dinámica física del mecanismo.

1. Modelos de caja negra (Fig. 26.a) los cuales operan basados en la conversión de un estímulo o señal de entrada (lluvia) a una señal de salida (caudal), mediante un determinado algoritmo de transformación, sin un explicitación de los mecanismos físicos reales de los procesos.
2. Modelos de dos componentes (Fig. 26.b). El primer componente evalúa la abstracción de las pérdidas producidas, en el que se cuantifica la porción de lluvia total caída que se vio afectada por los procesos de intercepción, almacenamiento superficial, evaporación e infiltración.

Figura 23 Modelo Simple Tipo Caja Negra (a) y dos Fases Perdidas – Transito (b)

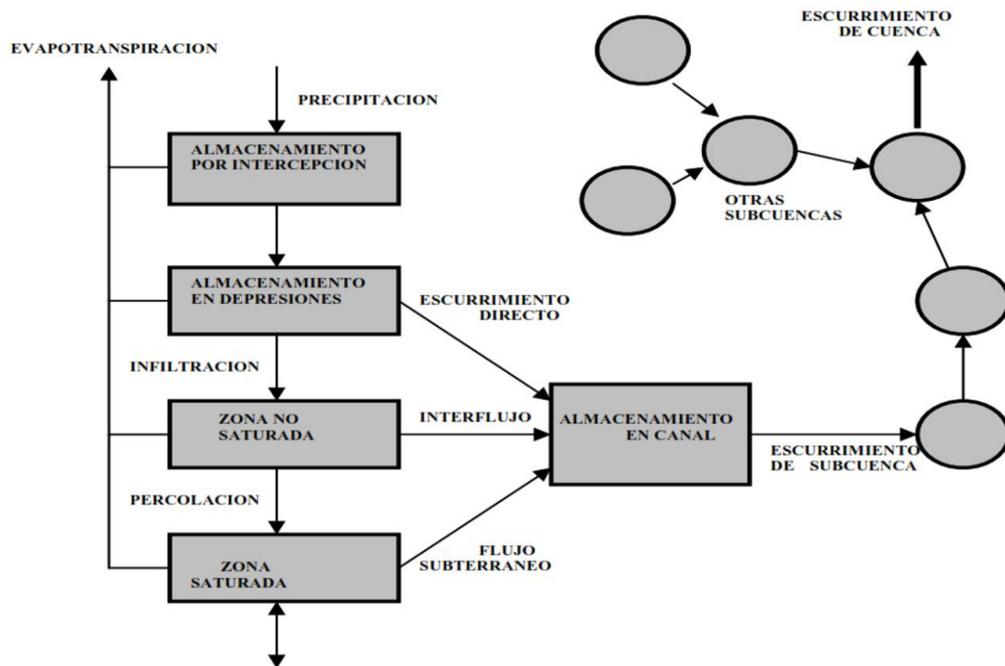


Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

3. modelos matemáticos basados en el modelo de procesos físicos (Fig. 1).

En este tipo de modelos se identifican y evalúan matemáticamente gran parte de los procesos presentes en el ciclo hidrológico.

Figura 24 Modelo de proceso físico.



Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

En todos los casos, los modelos deben ser calibrados en función de información disponible al menos de lluvia caída en la cuenca y caudal saliente.

2.3.1.1. Técnicas hidrológicas utilizadas en los modelos

Según (Adrian R., 1997) considera,

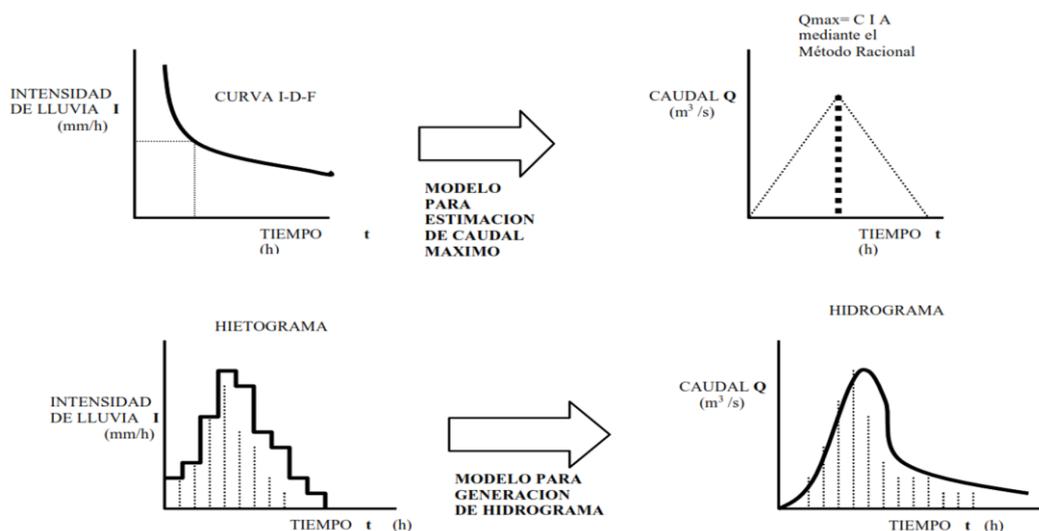
Una mejor resolución se logra empleando modelos como el esquematizado en la Fig. 26.b. Estos constan de un modelo de pérdidas y uno de ruteo y se aplican a una serie de intervalos de tiempo para

producir un hidrograma a partir de un hietograma (Fig. 26). Estos modelos de producción de hidrogramas permiten la simulación determinística de la transformación lluvia-caudal, no siendo esto posible con aproximaciones tipo método racional.

Las pérdidas comúnmente incluidas son: pérdida inicial (almacenamiento en depresiones) y una pérdida continua. Las formulaciones generalmente utilizadas son las de Horton, Green-Ampt, Richards y Servicio de Conservación de Suelos.

Los modelos de ruteo generalmente utilizan el método tiempo-área, procedimiento de hidrograma unitario, embalses lineales y no-lineales, método de ruteo hidráulico como por ejemplo onda cinemática, y Muskingum-Cunge

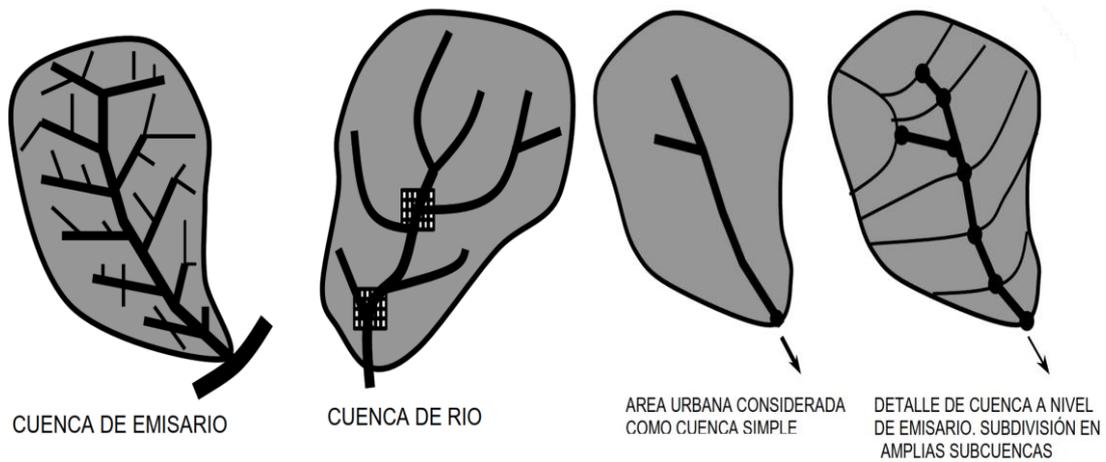
Figura 25 Modelos Lluvia-Caudal para generación de Caudal Máximo e Hidrogramas



Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

Algunas líneas de investigación están orientadas a:

Figura 26 Ejemplos de Efectos de Escala en Sistemas de Drenaje Urbano



Fuente: La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado.

2.3.1.2. Implementación de propuestas con enfoque de restauración hidrológico

Según (Mendoza, Aldana, & Castolo, 2017) se debe, “analizar las condiciones topográficas y edafológicas de la zona de estudio y se realizan propuestas con un enfoque de restauración hidrológica en cuencas urbanas. Estas tienen como característica favorecer la retención e infiltración de escurrimientos pluviales”.

2.3.2. Geomática

Los estudios realizados combinan diferentes técnicas de teledetección, SIG y procesos automatizados para generar información temática relevante a determinada problemática, utilizándose como herramientas para la toma de decisiones y contribuyendo al desarrollo sostenible del país. (Conida, 2018)

También (Jimenez G. , 2007) se considera como,

Una ciencia que se preocupa por la medida, representación, análisis, dirección, recuperación y despliegue de información espacial que describe los rasgos físicos de la Tierra y el ambiente construido. Asimismo, incluye disciplinas como son: Topografía, Geodesia, Sensores Remoto & fotogrametría, Cartografía, Sistemas de Información Geográficos, Sistemas del Posicionamiento Globales.

2.3.3. Registros Meteorológicos

Para la elaboración de proyectos hidráulicos, el ingeniero requiere de datos sobre precipitación, caudales, evaporación, etc. Esta información hidrometeorológica se obtiene de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) que se encuentran próximas a la zona de estudio.

2.3.3.1. Precipitación e Intensidad

Para (Villón, 2002, pág. 69) considera,

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo. Puede ser de varias formas y desde el punto de vista de ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria de la superficie terrestre y sus mediciones forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Asimismo (Gámez, 2009, pág. 56) define,

Las características de las precipitaciones pluviales que deben conocerse para estos casos son: la intensidad y duración de la lluvia; estas dos características están asociadas. Para un mismo período de retorno, al

aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en datos observados directamente en el sitio estudiado o en otros sitios vecinos con las mismas características orográficas. Por ello, los estudios de alcantarillado parten del estudio de la precipitación para determinar los gastos de diseño a fin de dimensionar las obras de alcantarillado.

También menciona que “cuando la intensidad excede de la tasa máxima de infiltración del suelo, se genera escorrentía superficial y una parte de la lluvia se pierde, provocando también la erosión del suelo”. (Gámez, 2009, pág. 58) Además (Breña & Jacobo, 2006, pág. 68) nos indica,

La estimación de la intensidad de lluvia se lleva a cabo dividiendo el valor de la altura de lluvia por el intervalo considerado. Para el caso de la intensidad máxima, entonces se analizan diferentes intervalos de tiempo que se registran en las estaciones pluviográficas (5, 10, 15, 30 minutos, etc.), obteniendo un valor máximo para cada intervalo.

Es por ello que la intensidad de la precipitación viene a ser la cantidad total de agua caída por unidad de tiempo y se obtiene en mm/hora.

Figura 27 Precipitación pluvial intensa



Fuente:<https://elcomercio.pe/peru/juin/huancayo-centro-comercial-queda-inundado-lluvia-torrencial-noticia-619951>

2.3.3.2. Clasificación y medición de la Precipitación

Según (Chereque, 2003) afirma; “Las precipitaciones se clasifican en tres grupos, según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que se produzcan cantidades significativas de precipitación” (pág.16) como son:

- **Precipitaciones convectivas.** - Son causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. La precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras y aguaceros.
- **Precipitaciones orográficas.** - Resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena de montañas. Es el caso de la Selva Alta de nuestro país, la región más lluviosa, donde las nubes provienen de la Selva Baja.

- **Precipitaciones ciclónicas.** - Se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas: las más calientes son impulsadas a las partes más altas donde precipitan.

Medición de la Precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de aguas y esta altura de lámina de aguas, indica la altura que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

2.3.3.3. Instrumentos de medición

Se clasifican de acuerdo con el registro precipitación. Estos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm).

Pluviómetro

Según (Villón, 2002) consiste esto,

Permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta decimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con el cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas. (pág. 73-74)

Figura 28 Pluviómetro



Fuente: www.google.com/visita-tecnica-huayao-recusos

Pluviógrafo

Según (Villón, 2002) considera como;

Un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de precipitación. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre el papel registrador, montado en un sistema de reloj. Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. (pág. 75)

Figura 29 Pluviógrafo



Fuente: www.inia.uy/gras/Clima/Estaciones-agroclimáticas-INIA/Ubicación-e-información/descripción-estaciones-e-instrumentos

2.3.4. Análisis de datos de precipitación

2.3.4.1. Análisis de consistencia de datos y su ajuste

Para (Gámez, 2009, pág. 64) considera,

Una estación pluviométrica puede tener algún cambio en las condiciones de medición, por ejemplo, cambio de operador, localización o de las condiciones adyacentes, las tendencias del registro sufren normalmente alteraciones que pueden llegar a ser importantes en cuanto a su homogeneidad. Para detectar y corregir estas alteraciones se usa técnicas correctas y compensar errores.

Además (Chereque, 2003, pág. 18) menciona en donde,

Estas medidas constituyen un conjunto numeroso de datos, que es necesario analizar y sintetizar en unos pocos valores más manuales y fáciles de utilizar en proyectos hidráulicos. Se recurre para ello a la

Estadística, escogiendo un modelo matemático que represente el comportamiento de la lluvia en el lugar en estudio. Se utiliza para ello la experiencia acumulada sobre el particular.

2.3.4.2. Estudio de una Tormenta

Define (Villón, 2002, pág. 87),

Por tormenta o borrasca, al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición, una tormenta puede durar minutos hasta varias horas y aun días, y puede abarcar extensiones de terrenos muy variables.

a. Importancia del Análisis de las Tormentas

Según (Villón, 2002) menciona que;

El análisis de las tormentas, está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica.

También considera que, la dimensión de estas obras, dependen principalmente de la magnitud que las tormentas tengan, y de la frecuencia o período de retorno, esto a su vez determina el coeficiente de seguridad que se da a la obra, o los años de vida probable de la misma.

b. Elementos del Análisis de las Tormentas

(Villón, 2002) Menciona que, durante el análisis de las tormentas hay que considerar los siguientes:

Intensidad

Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua ciudad por unidad de tiempo. Se expresa así:

$$I_{max} = \frac{P}{t} \dots \dots \dots \text{Ec. 9}$$

Donde:

- I_{max} : intensidad máxima, en mm/hora
- P : precipitación en altura de agua, en mm
- T : tiempo en horas

Duración

Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el período de duración, que es un determinado período de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas.

Frecuencia

Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

Período de Retorno

Es un intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud x, puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio, es decir:

$$T = \frac{1}{f} \dots \dots \dots \text{Ec. 10}$$

Dónde:

- T : Período de Retorno
- f : Frecuencia

Selección del Período de Retorno

Según la norma nos menciona que el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de “n” años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \dots \dots \dots \text{Ec. 11}$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.

Tabla 4 Valores de Periodo de retorno T (años)

Riesgo Admisible	VIDA UTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

2.3.4.3. Modelos de Distribución

Todas las fórmulas presentadas a continuación fueron extraídas del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, (MTC, 2018).

a) Distribución Normal

La función de probabilidad se define normal y sigue la fórmula

$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\delta}\right)^2} \dots\dots\dots \text{Ec. 12}$$

Donde

$f(x)$ = Función densidad normal de la variable x

X = Variable independiente

u = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

δ = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

b) Método Gumbel

Una familia importante de distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológico es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequías (máximo y mínimo).

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x.\beta)}} \dots \dots \dots \text{Ec. 13}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \dots \dots \dots \text{Ec. 14}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \dots \dots \dots \text{Ec. 15}$$

Dónde:

α : Parámetros de concentración.

β : Parámetros de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = x^- + k\sigma y \dots \dots \dots \text{Ec. 16}$$

Dónde:

X: Valor de una probabilidad dada.

x^- : Media de la serie.

K: Factor de frecuencia.

c) Método Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida de Log Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \dots \dots \dots \text{Ec. 17}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \dots \dots \dots \text{Ec. 18}$$

El procedimiento para el método Gumbel se realiza de la siguiente manera.

- Se selecciona todas las precipitaciones máximas diarias (24h) y mensuales, se ordenan de forma ascendente.

- Se obtienen los parámetros estadísticos, tales como la media y la desviación estándar.
- Se ajusta a una distribución de probabilidades para el caso de Gumbel.
- Se obtienen los parámetros de la distribución.
- Se convertirán los datos de precipitaciones máximas de las series a intensidades máximas.
- Se realiza el cálculo de las intensidades máximas para cada período de retorno y duración.

d) Distribución Gamma 2 parámetros

La función densidad se define por la fórmula

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \dots \dots \dots \text{Ec. 19}$$

Válido para

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde

γ = Parámetro de forma

β = Parámetro de escala

e) Método de Log Pearson tipo III

Foster desarrolló este método en el año 1924, el cual consiste principalmente en transformar los valores extremos X en sus correspondientes logaritmos, según se expresa en la ecuación con la diferencia de que el valor de K no solo depende de Tr, sino que también de función del coeficiente de asimetría

g, el cual indica que tan separados están los datos o valores de la distribución con respecto a la normal de Gauss.

La función de la densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{y-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^y \Gamma(y)} \dots \dots \dots \text{Ec. 20}$$

Valido para:

- $x_0 \leq x < \infty$
- $-\infty < x_0 < \infty$
- $0 < \beta < \infty$
- $0 \leq y < \infty$

Donde:

- x_0 = parametro de posicion
- y = parametro de forma
- β = parametro de escala

2.3.4.4. Precipitación de Diseño

Los siguientes conceptos presentados a continuación fueron extraídos de la Propuesta de Norma OS.060 – Drenaje Pluvial Urbano (MVCS, 2017)

a. Determinación de la Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación está definida por:

$$I(t, T) = \frac{P(t, T)}{t} \dots \dots \dots \text{Ec. 21}$$

Dónde:

I(t,T) : Intensidad de la precipitación, de duración y período de retorno .

P(t,T) : Profundidad de precipitación.

Para el cálculo de los caudales de diseño de las estructuras hidráulicas se utilizan valores de intensidad máxima de precipitación correspondientes a una frecuencia determinada a partir de las curvas de Intensidad-Duración-

Frecuencia (IDF), elaboradas mediante la aplicación de métodos estadísticos adecuados (Ramírez María, 2006 citado por (Flores, 2016)

b. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

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.

Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{T} \dots \dots \dots \text{Ec. 22}$$

Dónde:

I : intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

P : Precipitación de diseño (mm).

T : duración de lluvia (hr).

En ese sentido para la determinación de la curva IDF se requiere contar con registros pluviográficos del lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de cada año.

Criterio de Dyck Peschke

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991 citado por (Flores, 2016)) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$Pd = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^2 \dots \dots \dots \text{Ec. 23}$$

Dónde:

Pd: precipitación total (mm).

d: duración (min).

P_{24h}: precipitación máxima en 24 horas (mm).

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Ante todo, se debe tener presente la ecuación general de las curvas IDR que se presenta a continuación:

$$I_{max} = \frac{K * T^a}{D^b} \dots \dots \dots \text{Ec. 24}$$

Dónde:

I_{max} = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr

T = periodo de retorno, en años

D = duración, en minutos

Posteriormente a recopilar datos de precipitación máxima de 24 horas, se debe descomponer la precipitación de 24 horas en diferentes duraciones

$$I = \frac{60 * p_D}{D} \dots \dots \dots \text{Ec. 25}$$

$$T = \frac{n * 1}{m} \dots \dots \dots \text{Ec. 26}$$

T = periodo de retorno, en años

n = número de años

m = número de orden

Consecutivamente se ordena la intensidad máxima y calcular los periodos de retorno con la ecuación de Weibull mostrada a continuación:

Criterio de Frederich Bell

El modelo de Frederick Bell permite calcular la lluvia máxima asociada a un periodo de retorno y una duración de tormenta, usando como valor índice la lluvia de una hora de duración y 10 años de periodo de retorno. La expresión es la siguiente

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10} \dots \dots \dots \text{Ec. 27}$$

Dónde:

t : duración en minutos

T : Periodo de retorno en años

P_t^T : precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P_{60}^{10} : precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

Relación válida para duraciones de lluvia (t) comprendido entre 5 y 120 minutos y periodos de retorno entre 2 y 100 años.

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima de 24 horas

$$I = aP_{24}^b \dots \dots \dots \text{Ec. 28}$$

Dónde:

I : Intensidad máxima, en mm/h

a, b : parámetros del modelo.

P_{24}^b : Precipitación máxima en 24 horas

La curva de intensidad – duración – frecuencia, se calculan indirectamente, mediante la misma relación exponencial integradora de las tres variables involucradas, vista en la sección previa

$$I_{max} = \frac{K \times T^a}{D^b} \dots \dots \dots \text{Ec. 29}$$

Dónde:

I_{max} =intensidad máxima de lluvia, en mm/hr

T = periodo de retorno, en años

D = duración, en minutos

La discusión básica sobre el modelo se centra en que es por completo empírica, a pesar de que es

uno de los modelos más aceptados la realidad es que carece de fundamentos Nivel.

Estas metodologías consisten “Procedimientos heurísticos, basados en suposiciones aún sin probar o suposiciones irreales relacionadas con la estructura espacio- temporal de la lluvia” (Wilches, 2001) describe varias de las metodologías empíricas usadas en nuestro medio, de esta investigación se destaca la metodología propuesta por Bell (1969), usada más adelante en la determinación de precipitación en escalas pequeñas (menores a 1 hora).

c. Curvas IDF mediante el Estudio de Hidrología del Perú (IILA SENAMHI-UNI 1993)

La Norma OS.060 menciona; Si el sitio de interés se encuentra en el área de influencia de un pluviógrafo, se recomienda utilizar directamente las curvas IDF del mismo.

Si no se dispone de información de pluviógrafos, sino de valores de máxima precipitación diaria (24 horas), entonces es posible hallar precipitaciones de duración menor que 24 horas y respectivas intensidades relacionadas en función de la máxima precipitación diaria, empleando métodos desarrollados para ese fin, por ejemplo, aplicando patrones de distribución de precipitación

en el tiempo, ecuaciones de intensidad de precipitación (curvas IDF), entre otros.

Así también, para determinar la intensidad de la precipitación de diseño, para duración y período de retorno seleccionado, es posible utilizar las curvas IDF del “Estudio de la hidrología del Perú” (IILA-SENAMHI-UNI, 1983), y la siguiente expresión deducida de las mismas:

$$i_{i,t} = \frac{P_{24,T}}{t_g} \left(\frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1}; \text{ para: } t \leq t_g \dots \dots \dots \text{ Ec. 30}$$

Dónde:

P_{24h} : Precipitación máxima en 24 horas para T años de período de retorno, estimado para el sitio

t: Duración en horas

t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú

b y n: Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente Ver “Fórmula IILA–SENAMHI–UNI modificada”, Figura 1, tablas 3.a, 3.b y 3.c.de la norma

Para determinar la intensidad de precipitación de diseño, para duración y periodo de retornos seleccionados, es posible utilizar mediante el estudio de hidrología del Perú haciendo uso de la siguiente fórmula 2.17, 2.18 y 2.19

$$i_{t,T} = a(1 + K * \text{Log}_{10}T * (t + b)^{n-1} \dots \dots \dots \text{ Ec. 31}$$

Donde:

$i_{t,T}$: Intensidad de la lluvia (mm/hora)

a: Parámetro de intensidad (mm)

k: Parámetro de frecuencia (adimensional)

b: Parámetro de tiempo (hora)

n: Parámetro de duración (adimensional)

t: Duración (hora)

$$P_{24,T} = \varepsilon_g(1 + K * \text{Log}_{10}T \dots \dots \dots \text{ Ec. 32}$$

$$a = \left(\frac{1}{t_g}\right)^n * \varepsilon_g \dots \dots \dots \text{Ec.33}$$

Donde:

$P_{24,T}$: Máxima precipitación en 24 horas para periodo de retorno T . La referencia original (IILA-SENAMHI-UNI, 1983) es equivalente a la nomenclatura h_g .

T : Tiempo de retorno.

t_g : Duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú; pudiendo ser diferente según la condición local.

K : K'_g , parámetro de frecuencia según zona (ver Tabla 5).

b : 0,5 horas (costa, centro y sur)

0,4 horas (sierra)

0,2 horas (costa norte y selva)

ε_g : Parámetro para determinar $P_{24,T}$

Tabla 5 valores de los parámetros K'_g y t_g que define la distribución

Tabla 3.a
Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros K'_g y ε_g que definen la distribución de probabilidades de h_g en cada punto de estas

ZONA	K'_g	Subzona	ε_g
123	$K'_g = 0.553$	123 ₁	$\varepsilon_g = 85,0$
		123 ₂	$\varepsilon_g = 75,0$
		123 ₃	$\varepsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		123 ₄	$\varepsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		123 ₅	$\varepsilon_g = 24,0$
		123 ₆	$\varepsilon_g = 30,5$
		123 ₇	$\varepsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		123 ₈	$\varepsilon_g = 26,6$
		123 ₉	$\varepsilon_g = 23,3$
		123 ₁₀	$\varepsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		123 ₁₁	$\varepsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		123 ₁₂	$\varepsilon_g = 75,0$
		123 ₁₃	$\varepsilon_g = 70$
4	$K'_g = 0.861$	4 ₁	$\varepsilon_g = 20$
5a	$K'_g = 11. \varepsilon_g^{-0.85}$	5 a ₁	$\varepsilon_g = -7,6 + 0,006 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₂	$\varepsilon_g = 32 - 0,177 D_c$
		5 a ₃	$\varepsilon_g = -13 + 0,010 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₄	$\varepsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y$ (Y > 1500)
		5 a ₅	$\varepsilon_g = -6 + 0,007 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₆	$\varepsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5 a ₇	$\varepsilon_g = -2 + 0,007 Y$ (Y > 2000)
		5 a ₈	$\varepsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5 a ₉	$\varepsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5 a ₁₀	$\varepsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5 a ₁₁	$\varepsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 a ₁₂	$\varepsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5 a ₁₃	$\varepsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5 a ₁₄	$\varepsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'_g = 130. \varepsilon_g^{-1.4}$	5 b ₁	$\varepsilon_g = 4 + 0,010$ (Y > 1000)
		5 b ₂	$\varepsilon_g = 41,0$
		5 b ₃	$\varepsilon_g = 23,0 + 0,143 Y$
		5 b ₄	$\varepsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 b ₅	$\varepsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'_g = 5,4. \varepsilon_g^{-0.6}$	6 ₁	$\varepsilon_g = 30 - 0,50 D_c$
9	$K'_g = 22,5. \varepsilon_g^{-0.85}$	9 ₁	$\varepsilon_g = 61,5$
		9 ₂	$\varepsilon_g = -4,5 + 0,323 D_m$ (30 ≤ D _m ≤ 110)
		9 ₃	$\varepsilon_g = 31 + 0,475(D_m - 110)$ (D _m ≤ 110)
10	$K'_g = 1,45$	10 ₁	$\varepsilon_g = 12,5 + 0,95 D_m$

Y : Altitud en msnm
D_c : Distancia a la cordillera en km
D_m : Distancia al mar en km

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983). "Estudio de la hidrología del Perú - Volumen III". Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia, p. III:39

Tabla 6 valores de los parámetros a y n que, junto con K' , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas

Tabla 3.b
Valores de los parámetros a y n que, junto con K' , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas

SUBZON A	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
I23 ₁	321-385	2	0,357	32,2
I23 ₃	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
I23 ₁₃	244-193	2	0,432	
I23 ₅	850-903	2	0,353	9,2
I23 ₆	840-913-918	4	0,380	11
I23 ₈	654-674-679	9	0,232	14,0
	709-713-714			
	732-745-752			
I23 ₉	769	1	0,242	12,1
I23 ₁₀	446-557-594	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
	653-672-696			
	708-711-712			
	715-717-724			
	757-773			
I23 ₁₁	508-667-719	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
	750-771			
5 a ₂	935-968	2	0,301	a = 14,1 – 0,078 D _c
5 a ₅	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
5 a ₁₀	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Volumen III", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia, p. III:42

d. Hietograma de diseño

La Norma OS.060 – Drenaje Pluvial Urbano (MVCS, 2017) considera lo siguientes;

- a) En sitios de interés donde no se disponga de información sobre la distribución de la precipitación en el tiempo, de ser requerido, se puede asumir patrones de distribución en el tiempo para fines del diseño. Por ejemplo, es posible obtener el hietograma de diseño asumiéndolo de forma triangular, o mediante el método del bloque alternante, entre otros métodos.
- b) El hietograma de diseño de forma triangular queda definido dado la precipitación de diseño P y la duración T_d , que es la base del triángulo, mientras que la altura h del triángulo se expresa mediante:

$$h = \frac{2 * P}{T_d} \dots \dots \dots \text{Ec. 34}$$

c) El tiempo hasta alcanzar el valor pico es t_a , el tiempo de recesión t_b , y el coeficiente de avance de la tormenta r igual que la razón de t_a y T_d :

$$r = \frac{T_a}{T_d} \dots \dots \dots \text{Ec. 35}$$

$$t_b = T_d - t_a = (1 - r) \cdot T_d \dots \dots \dots \text{Ec. 36}$$

Donde r puede estimarse de las tormentas de estaciones pluviográficas cercanas o tomarse igual a 0,6 dentro de un criterio conservador.

d) Mediante el método del bloque alternante es posible obtener el hietograma de diseño utilizando una curva IDF, asumiendo que la precipitación P de duración T_d ocurre en n intervalos de duración Δt , tal que se cumpla:

$$T_d = n \cdot \Delta t \dots \dots \dots \text{Ec. 37}$$

Luego de haber asumido el período de retorno para el diseño, la intensidad de precipitación para los intervalos de duración Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, ..., $n \cdot \Delta t$ se lee de la curva IDF de igual período de retorno, para luego hallar la profundidad de precipitación de cada intervalo multiplicando intensidad por duración de intervalo. Por diferencia, se halla la profundidad de precipitación para intervalos de duración Δt . Finalmente, el hietograma de diseño se obtiene de reordenar los n bloques de duración Δt , tal que el bloque de mayor profundidad de precipitación ocurra en el centro de la duración T_d , mientras que los bloques restantes son arreglados de manera alternante en orden descendente hacia la derecha y la izquierda del bloque central.

C: Coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo sin dimensiones,

I: Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un período de retorno dado en mm/hr.

A: Área de la cuenca en Km².

En la Norma considera que el método racional, en caso; para áreas urbanas, el área de drenaje puede estar compuesta de subáreas o subcuencas de diferentes características superficiales, entonces el caudal pico puede ser calculado mediante la siguiente forma de la fórmula racional:

$$Q = 0.278 * i * \sum_{j=1}^m C_j * A_j \dots \dots \dots \text{Ec. 39}$$

Donde:

- Q : Caudal pico en m³/s
- i : Intensidad de la lluvia en mm/hora
- A_j : Área de drenaje de la j-ésima subcuenca en km²
- C_j : Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuenca
- m : Número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

Tiempo de Concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes sólo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área. (MTC, 2018, pág. 38)

Cuadro 2 Fórmulas para el cálculo de Tiempo de concentración

Autor	Expresión	Observaciones
Kirpich (1940) California	$T=0.0195 * L^{0.77} / S^{0.385}$	SCS áreas rurales
Culverts Practice (1942)	$T=56.867 * (L^3 / H)^{0.385}$	Cuenca de montaña
Izzard (1946)	$T=525.28 * (0.0000276i+c) * L^{0.33} / (i^{0.667} S^{0.333})$	Experimentos de laboratorio
Federal Aviation Agency (1970)	$T=3.26 * (1.1-C) * L^{0.5} / S^{0.33}$	Aeropuertos
Morgali y Linsley (1965)	$T=7 * L^{0.6} n^{0.6} / (i^{0.4} * S^{0.3})$	Flujo superficial
SCS (1975)	$T=258.7 * L^{0.8} * ((1000/CN)-9)^{0.7} / 1900 * S^{0.5}$	Cuenca rurales

Fuente: scs.pdf (E varas)

2.3.4.6. Coeficiente de Escorrentía (C)

“el coeficiente de escorrentía es un factor que depende del tipo de suelo, de la impermeabilización de la topografía y que lógicamente varía aumentando su valor a medida que se desarrollan las diferentes zonas” (Pérez, 2015).

La escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total.

La selección del valor del coeficiente de escorrentía deberá sustentarse en considerar los efectos de:

- Características de la superficie.
- Tipo de área urbana.
- Intensidad de la lluvia (teniendo en cuenta su tiempo de retomo).
- Pendiente del terreno.
- Condición futura dentro del horizonte de vida del proyecto.

Cuadro 3 valores para la determinación del coeficiente de escorrentía

Condición	Valores			
	K ₁ = 40	K ₁ = 30	K ₁ = 20	K ₁ = 10
1. Relieve de terreno	Muy accidentado pendiente superior al 30%	Accidentado pendiente entre 10% y 30%	Ondulad pendiente entre 5% y 10%	Llano pendiente inferior al 5%
2. Permeabilidad de suelo	Muy impermeable Roca sana	Bastante impermeable Arcilla	Permeable	Muy permeable
3. Vegetación	Sin vegetación	Poca Menos del 10% d1 la superficie	Bastante Hasta el 50% de la superficie	Mucha Hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de retención	Ninguna	Poca	Bastante	Mucha

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito

Cuadro 4 Coeficiente de escorrentía

$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4^*$	C
100	0.80
75	0.65
50	0.50
30	0.35
25	0.20

* Ver Cuadro 3

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito

2.3.4.7. Ecurrimientos de la Precipitación Pluvial

El escurrimiento de las lluvias está influido principalmente por: La intensidad, duración y distribución de la precipitación; el tamaño, forma, cubierta y topografía del área de captación; y la naturaleza y condiciones de suelo. Algunos de estos factores son constantes, otros varían con las estaciones. Hablando en forma general, las condiciones que tienden a promover el

escurrimiento superficial elevado - altas relaciones de precipitación, pendientes aguas, suelos congelados o desnudos y pesados, por ejemplo- también propenden a reducir los flujos en tiempo seco. (Fair. Geyer. Okun. 2002).

Relación Precipitación - Escurrimiento

Se tienen interés principalmente sobre dos clases de información relacionada con la precipitación pluvial y el escurrimiento para áreas de drenado dadas: Los registros del agua colectada en períodos fijos de calendario (días, semanas, meses y años), y los registros de las intensidades y duraciones de las lluvias y flujos de crecientes individuales.

Los datos hidrológicos disponibles pueden aplicarse, bajo circunstancias favorables, directamente al lugar de la estructura por construir o proteger. Con mayor frecuencia, la información es incompleta u obtenible solamente para sitios ubicados a cierta distancia. Deben entonces cotejarse toda clase de datos para llegar a estimaciones normales en la precipitación o escurrimiento esperados. (Fair. Geyer. Okun. 2002).

2.3.5. Determinación del número de curva (CN)

Para determinar el número de curva en cuencas urbanas se considera nos proporciona The Soil Conservation Service el método que estima la esorrentía producida por un evento con base en la relación que existe entre la humedad, el uso del suelo y el sistema de cobertura.

El volumen escurrido o lluvia efectiva (Q), se calcula en función de la lluvia (P), del potencial máximo de retención de agua (S) y de las pérdidas iniciales

(Ia), las cuales se estiman en un 20% del potencial máximo, por medio de las siguientes expresiones:

$$Q = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \dots \dots \dots \text{Ec. 40}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots \dots \dots \text{Ec. 41}$$

Donde:

P : Precipitación total (mm)

S : Valor determinado con base al número de la curva (mm)

CN : Numero de la Curva - Depende del tipo suelo, cobertura vegetal y la capacidad de infiltración.

El factor CN o curva numero depende del tipo de suelo, de la naturaleza y cobertura del suelo y las condiciones previas de humedad. The Soil Conservation Service ha publicado extensas y amplias investigaciones sobre este factor y presenta tablas para seleccionar el valor más representativo de cada situación. La tabla 10 incluye condiciones urbanas más corrientes.

La infiltración del terreno varia bastante en función de la permeabilidad del suelo y las condiciones de la superficie. El método distingue 4 tipos de suele (A, B, C y D).

Tabla 7 Clasificación del suelo para el método S.C.S. The Soil Conservation Service

Clasificación del suelo para el método S.C.S.*	
Tipo A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con alta infiltración arenosos o limo-arenoso
Tipo B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía. Suelos con tasas de infiltración moderadas, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, arenas finas y limos.
Tipo C	Moderadamente alto potencial de escorrentía. Suelos de infiltración lenta, con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arcillas, arenas arcillosas poco profundas y arcillas.

Tipo D **Alto potencial de escorrentía.** Suelos con infiltración muy lenta, suelos arcillosos con alto potencial expansivo, suelos salinos con nivel freático alto y permanente.

* Se determina la clasificación del suelo, según el Mapa de suelos de la cuenca.

Fuente: SCS (1986) TR 55

Tabla 8 Valores de curvas número para áreas urbanas

Valores de CN II					
Cobertura Superficie	% Imp	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Desarrollo:					
Prados y Parques					
Pasto < 50%		68	79	86	89
Pasto 50 % - 75%		49	69	79	84
Pasto > 75%		39	61	74	80
Área Impermeable:					
Estacionamientos pavimentados		98	98	98	98
Calles y Caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Distritos Urbanos:					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial:					
Sitios 500 m2 o menor	65	77	85	90	92
Sitios 1000 m2	38	61	75	83	87
Sitios 2000 m2	25	54	70	80	85
Sitios 5000m2	20	51	68	79	84
Sitios 10000 m2	12	46	65	77	82
Área en desarrollo:					
Área Nueva poca vegetación		77	86	91	94

Fuente: SCS (1986) TR 55

2.4. Bases epistemológicas o Bases filosóficas o Bases antropológicas*

Afluente: Líquido que llega a una unidad o lugar determinado, por ejemplo, el agua que llega a una laguna de estabilización.

Caudal: Volumen de agua que pasa por un punto dado por unidad de tiempo.

Se expresa normalmente en 1/seg o m3/seg.

Captación: Función de una Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.

Carga hidráulica: Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

Coeficiente de escorrentía: Valor que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

Coeficiente de fricción: Valor de rugosidad de Manning, parámetro que mide la resistencia al flujo en los conductos y canalizaciones.

Cuenca, subcuenca y/o microcuenca: Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

Frecuencia de lluvias: Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.

Histograma: Distribución temporal de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

Intensidad de la lluvia: Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (ls / Ha).

Lluvia efectiva: Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.

Periodo de retorno: Período de retomo de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

Precipitación: Fenómeno meteorológico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Existe una relación directa y significativamente entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Existe una relación directa y significativamente entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.
- Los efectos producidos en la evacuación de las aguas pluviales se deben a: existencia de un sistema combinado, obsoleto e incompatible con el entorno urbano.
- Existe una relación directa y significativamente entre el flujo de escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X):

Modelamiento de la Intensidad de precipitación

El modelamiento comprende la integración de los procesos hidrológicos en un ente modelo. Ciertas aplicaciones pueden requerir análisis complejos que involucran variaciones temporales y/o espaciales de precipitación y escurrimiento. Típicamente estos análisis encierran en un gran número de cálculos y por ello pueden realizarse con simulaciones.

Variable dependiente (Y):

Evacuación de las aguas pluviales

Cuya función es la conducción de aguas pluviales que escurren sobre las calles y avenidas en forma unitaria o combinada evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona desde la urbanización al cauce o colector receptor (punto de vertido) y de este modo se impide la generación de daños e inconvenientes a los habitantes.

2.6.2. Definición operacional de las variables

Cuadro 5 variables en general.

Variables en estudio	Dimensiones	Indicadores
Intensidad de la precipitación	Intensidades Máximas	mm/Hr.
Evacuación de la aguas pluviales	Caudales Máximos	M ³ /Seg.
Geomorfología de la cuenca urbana	Variables de Área, Pendiente, Forma y Permeabilidad	Km ² ,m/m, Índice de Horton, CN.

Fuente: Elaborado propia

2.6.3. Operacionalización de la variable

Cuadro 6 Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente		
Modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación. <i>(Adrian R., Gerardo, 1997)</i>	Geomorfología de la cuenca Urbana	Área
		Elevación
		Rugosidad
		Pendiente
Eventos torrenciales	Flujo de escorrentía	Condiciones físicas
		Numero de curvas
		Precipitaciones
		Intensidad
Evacuación de las aguas pluviales. <i>(Adrian R., Gerardo, 1997)</i> <i>(Ingeniería Sanitaria y Ambiental, s.f.)</i>	Cuerpo receptor	Periodo de retorno
		Tormenta
		Caudal máximo
		Pendiente
Flujo de sistema	Flujo de sistema	Diámetro
		Coeficiente mannig
		Velocidad
		Tiempo
Parámetros hidrológicos	Flujo de sistema	Parámetro de permeabilidad
		Parámetros hidrológicos
		Parámetros hidrológicos

Fuente: Elaborado propia

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de investigación

Corresponde al método INDUCTIVO – DEDUCTIVO menciona; (Hernandez S., Fernandez C., & Baptista L., 2014, pág. 514) “ algunos autores los consideran diseños mixtos, pues normalmente recolectan datos cuantitativos y cualitativos, y se mueven de manera simultánea entre el esquema”, tiene como pasos esenciales: analizar del fenómeno particular una conclusión general, deducción de consecuencias o proposiciones de datos generales de referencia, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es APLICADA, según Hernández, (2014), “ella trata de comprender y resolver el problema”, debido a la utilización de las herramientas y conocimientos que proporciona la Ingeniería para resolver problemas prácticos con el propósito de cambio en provecho de la sociedad y asimismo será instrumento para la toma de decisiones.

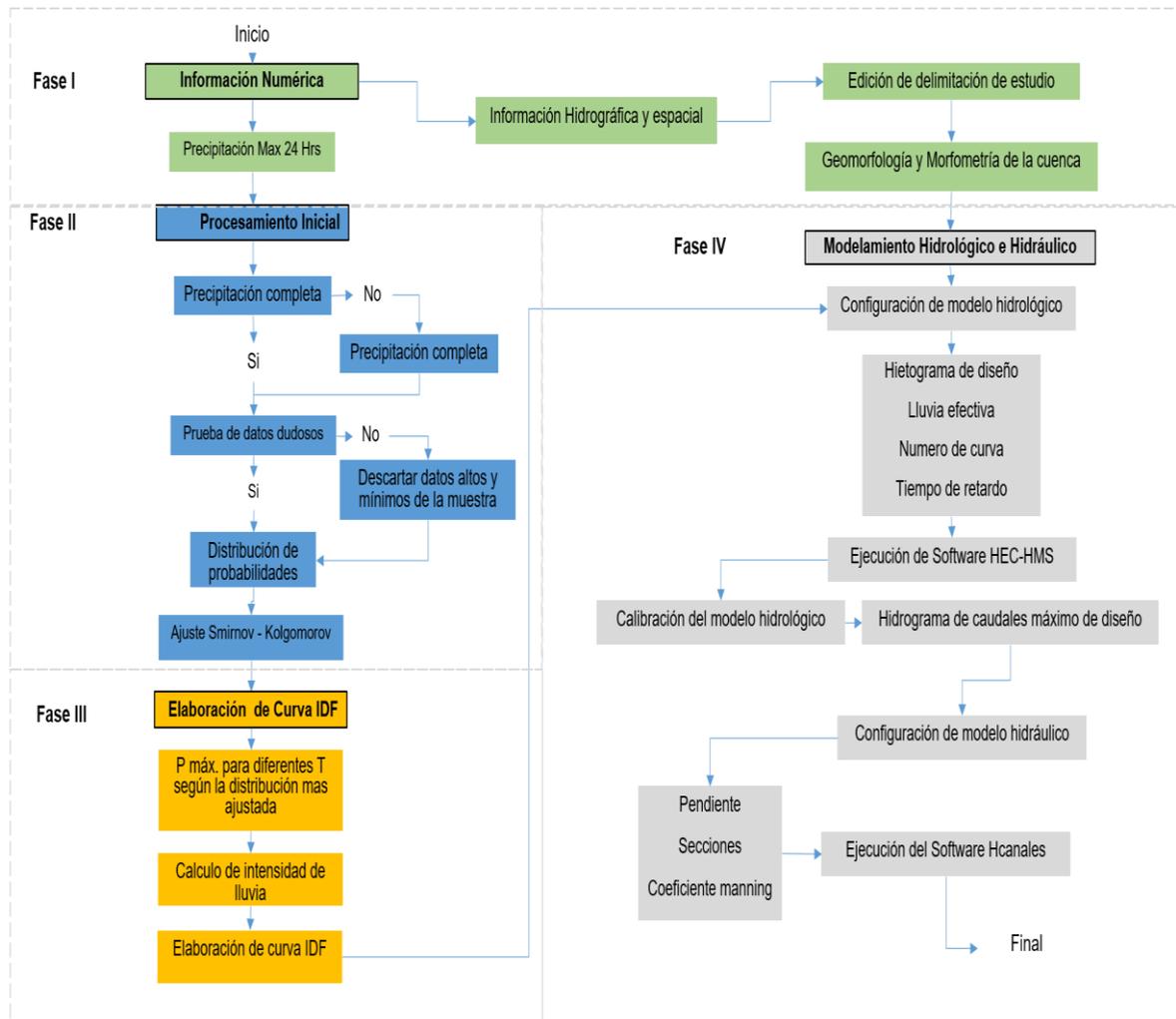
3.3. Nivel de la investigación

La investigación es DESCRIPTIVO - CORRELACIONAL, según (Hernandez S., Fernandez C., & Baptista L., 2014), manifiesta que “las dos o más variables que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos y después se analiza la correlación”, por consiguiente determinaremos características morfométricas, el caudal de las aguas pluviales que se genera y la capacidad de conducción, además establece el grado de relación de los parámetros antes mencionados para verificar la relación que existe entre las variables y finalmente proponer una alternativa que mejore el sistema.

3.4. Diseño de investigación

La investigación es NO EXPERIMENTAL, porque su realización será sin la manipulación deliberada de las variables y en los que se analizarán los fenómenos después de ser observados en su ambiente natural.

Figura 30 Flujograma de la metodología



Fuente: Elaboración Propia

Consistirá en:

Fase I: Trabajo preliminar

- Recopilación de datos hidrometeorológicos e información básica necesaria para el estudio de la cuenca del rio florido.
- Reconocimiento de la cuenca en campo y toma de datos con G.P.S Garmín para su corroboración.
- También teniendo una idea más clara del tema se realiza visitas de campo donde se busca la información empírica que demostrara los hechos y que ocurren en la ciudad de Huancayo.

- Delimitación de la cuenca con ASTER GDEM, estas imágenes se procesarán en el Software libre QGIS 3.4. para obtener los parámetros geomorfométrico.

Fase II: Procesamiento de datos iniciales

- Completamiento de datos faltantes de precipitación máxima en 24 horas.
- Realización de umbral de datos dudosos altos y bajos, como precipitación máxima y mínima aceptada.
- Análisis de datos de precipitación a través de las distribuciones estadísticas de probabilidad de Gumbel, Log Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson y Log Pearson
- Cálculo de la prueba de bondad de ajuste con el método de Kolmogórov-Smirnov

Fase III: Elaboración de curva IDF

- Cálculo de precipitación máxima para tiempos de duración 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 hrs, afectados por los coeficientes de duración definidos por manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Cálculo de la intensidad de lluvia para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años
- Obtención de los coeficientes de la ecuación de intensidad aplicando los métodos de Dyck Peschke, Frederich Bell y IILA Senamhi.

- Tabulación de los valores de intensidad para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100 y años para una duración total de 180 minutos por método alternado y obtención de gráficas IDF
- Presentación de hietograma de diseño a partir de los valores obtenidos.
- Se realiza el análisis de datos, considerando como estadística no paramétrica.
- Estos datos son ordenados y descritos preliminarmente usando el Software libre Hidroesta y Excel.

Fase IV: Modelamiento hidrológico

- Los resultados del análisis estadístico y la parametrización de la cuenca son exportados y la modelación de la cuenca del rio florido se hará con en el Software libre HEC HMS para determinar el caudal de diseño
- Configuración del modelo hidrológico o Creación de elementos hidrológicos: subcuenca, unión de cauces, de tránsito de avenida y punto de aforo.
- Input de datos: descripción de subcuenca, área, lluvia neta o efectiva (loss method), método SCS (curve numer), número de curva (CN), impermeabilidad y tiempo de retardo (lag time), precipitación y la especificación de control
- Ejecución del software HEC-HMS con todos los parámetros ingresados.
- Calibración del modelo hidrológico

- Usar los máximos valores del número de curva y obtención caudal pico para periodos de retorno 500 años y su respectivo histograma.
- Comparación de caudales máximos obtenido por los métodos (ver A.10 del anexo).
- Optimización de los parámetros del modelo a través de la función propia del modelo del HEC-HMS.

Fase IV: Modelamiento hidráulico:

- Configuración del modelo hidráulico
- Creación de secciones transversales de la alcantarilla en río a través de la existencia de un alcantarillado a la espalda del colegio saco oliveros
- Importación de la geometría creada desde el software QGis.
- Input del coeficiente de rugosidad de Manning y pendiente del cauce principal.
- Se proyectará una alternativa de solución para la ciudad de Huancayo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Selltiz et al., 1980 citado por (Hernandez S., Fernandez C., & Baptista L., 2014, pág. 174). La población para la investigación corresponde la cuenca del rio Florido perteneciente a la cuenca urbana de la ciudad de Huancayo.

3.5.2. Muestra

La muestra es las Intensidad de precipitación y caudales dentro del cuenca del rio florido.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se tendrá en cuenta los registro hidrometereologicos; de las estaciones pertenecen a SENAMHI (Santa Ana) ubicada cerca de zona de estudio. Así mismo se considerará las fichas bibliográficas, la normativa y otros documentos; a partir de la observación; que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual.

Se realizó la Evaluación de la estación seleccionada con la finalidad de establecer la confiabilidad de la información en relación con el proceso de medición.

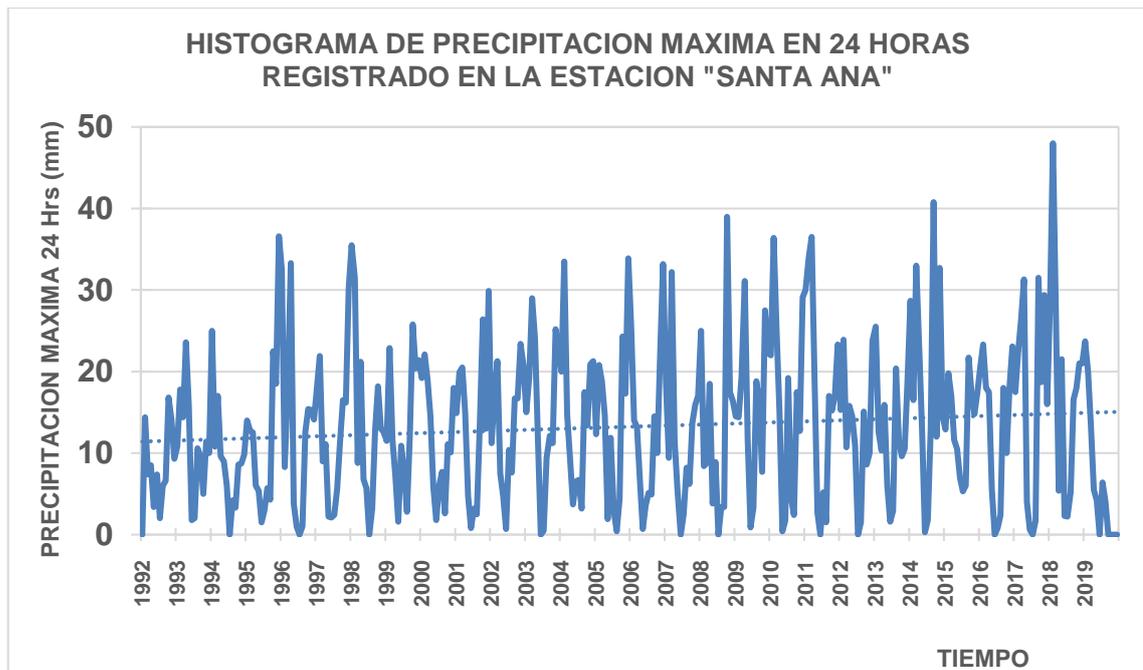
Estación Santa Ana. - Esta estación es parte del servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú que opera en el distrito de El Tambo y está ubicado en el centro poblado del Saños Grande, in situ se puede comprobar que la toma de datos se realiza en forma disciplinada y el pluviografo es permanentemente chequeado, Por lo que no habría motivos físicos para que dicha información sea inconsistente.

Cuadro 7 Ubicaciones de las estaciones

Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Periodo	Altura (msnm)
ESTACIÓN SANAT ANA – TIPO PLUVIOMETRICA					
Huancayo	El Tambo	12°00'15"S	75°13'15"W	1992-2019	3295

Fuente: Elaboración Propia obtenido de Senamhi

Figura 31 Histograma de precipitación mensual del estación Santa Ana



Fuente: Elaboración Propia

Las Condiciones climatológicas durante el transcurso del año, las precipitaciones pluviales que se producen en la zona de estudio son de origen orográfico y se caracterizan por tener fuertes intensidades. La presencia de los fenómenos meteorológicos en la zona de estudio, están enmarcados dentro de las estaciones climatológicas, es así que en los entre los meses de diciembre a marzo se presenta mayores precipitaciones en forma progresiva y continua, marcándose, así como estaciones de primavera y verano, mientras que entre los meses de mayo a septiembre existe una ausencia de precipitaciones, esto entre las estaciones de otoño e invierno.

3.6.1. Técnicas

Se obtendrá datos relacionados como precipitaciones máximas, tormenta, periodo de retorno, cuenca hidrográfica. Usando la técnica de estadísticas no

paramétrica, en relación a los registros correspondiente para su posterior análisis.

3.6.2. Instrumento

Se utilizará:

- Guía de observación.
- Registro de Observación.
- Registro de datos hidrometereologicos.
- Guía de revisión documental.
- Instrumentos de recolección en campo
- Programas para el procesamiento de datos

Con la aplicación de estos instrumentos nos permitirán: evaluar, describir la situación real y actual del sistema y su impacto ambiental en la ciudad de Huancayo. Asimismo, evaluar e identificar las causas para recomendar estrategias para el diseño e implementación de futuros sistemas alcantarillado.

3.7. Procesamiento de la información

Se ordenará los datos obtenidos de la intensidad de precipitaciones para generar los resultados según los objetivos que se plantearon, siendo así que se utilizará el método analítico y método inductivo, bajo el enfoque cuantitativo.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Los resultados a obtener del análisis y comparación de datos mediante los instrumentos serán programados y expuestos en gráficos, cuadros descriptivos

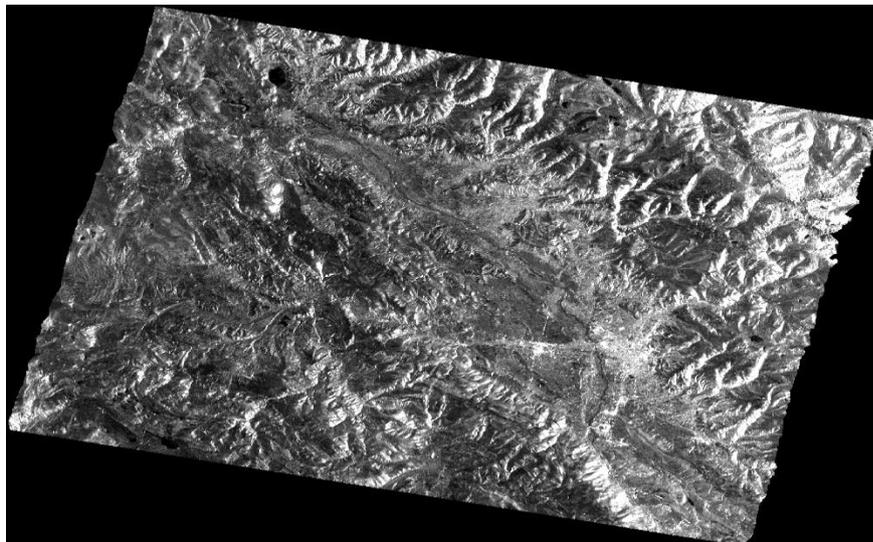
y explicativos elaborados en Excel, esto en base a los resultados obtenidos (campo y gabinete), en función a ello se proporcionará el uso de la propuesta más adecuada.

Materiales

a) Obtención de datos espaciales

Esta información es obtenida de la plataforma del ministerio del ambiente, donde mediante la percepción remota y de posicionamiento global satelital; se ve favorecida con el uso de la plataforma de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que agilizan el proceso de ingreso, almacenamiento, cálculo y análisis de datos geográficos para generar información temática adecuada y precisa; con el propósito de convertir datos en información apta para la toma de decisiones.

Figura 32 Esquema de desarrollo de un SIG



Fuente: <http://www.chema.site88.net/sig.html>

b) Información hidrometeorológica

Recopilación de información pluviométrica de la estación Santa Ana proporcionado por servicio nacional de meteorología e hidrología con un registro histórico de 28 años de precipitación máxima en 24 horas y la disponibilidad de información simultánea en toda la zona de estudio.

c) recopilación información de campo:

Es indispensable para la calibración de los métodos aplicados, realizar visitas de campo al área de drenaje en diferentes épocas del año, y recopilar la mayor información posible mediante toma de muestras.

Se realizaron en total tres visitas de campo, la primera en enero de 2017, la segunda en enero de 2018 y la tercera en abril del mismo año, con el fin de surtir el reconocimiento de la zona.

d) Utilización de software QGis:

Con la información obtenida se procedió a realizar la digitalización en QGis 4.3, que permite realizar un análisis del terreno. En el campo de la hidrología permitiendo una planificación y gestión en cualquier ámbito territorial. con un DEM de 12.5m para la delimitación del drenaje de estudio, permitiendo además preparar los datos de entrada al programa HEC-HMS. Este modelo de elevación contiene información suficiente para definir, al menos en una primera aproximación, las propiedades de la red de drenaje superficial y por extensión de la cuenca hidrológica.

También se evaluó las sub-cuencas una por una, dándole mayor resolución a los datos físicos, meteorológicos y la determinación de números de curva, por el método SCS.

e) Utilización de software HidroEsta:

Procesando con el software HidroEsta sirve para cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la Hidrología. El software permite el cálculo de los parámetros estadísticos, evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones. Calcula a partir de la curva de variación estacional o la curva de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia y calcula intensidades máximas, a partir de los métodos de Dyck Peschke y Frederich Bell.

f) aplicación de métodos y generación de modelos:

Se generaron modelos hidrológicos mediante el software HEC-HMS, y se aplicó el método racional para estimar los caudales y analizar los resultados obtenidos.

El programa Hec-Hms es un modelo matemático desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. Con el modelo Hec-Hms, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones, dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. El resultado del proceso de modelaje es estimar los hidrogramas de salida de una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos picos) a partir de las condiciones extremas de lluvia. (Villon, 2010 citado en (Puelles, 2015)).

Se realizó el pre dimensionamiento de la sección de la futura alcantarilla con el Hcanales.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Relación entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.

Cuadro 8 Atributos general de la microcuenca del rio Florido

Attribute	Value
value	1
Area(Km2)	5.984
Perimetro	17.377
_mean	3409.623999999999796
_median	3351.0000000000000000
_min	3245.0000000000000000
_max	3978.0000000000000000
_range	733.0000000000000000
Long_Rio	5.963
_mean_1	3277.303908045977096
_median_1	3273.0000000000000000
_min_1	3215.0000000000000000
_max_1	3352.0000000000000000
_range_1	137.0000000000000000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9 Parámetros morfométricos generales de la microcuenca del rio Florido

Parámetro	Símbolo	Valor
Perímetro	(Km) P	17.377
Área	(Km ²) A	5.984
Longitud Máxima	(Km) LM	5.610
Longitud Cauce Principal	(Km) LCP	5.963
Ancho de la Cuenca	AC	1.067
Desnivel Altitudinal	(Km) DA	733.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10 Parámetros morfométricos asociados a la forma de la microcuenca del río Florido

Parametro	Simbolo	Valor
Factor Forma	FF	0.190
Coficiente de Compacidad	Kc	1.989
Coficiente de Circularidad	CC	0.249

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11 Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve de la microcuenca del río Florido

Parámetro		Símbolo	Valor
Cota Máxima	(msnm)	Cmax	3978.000
Cota Mínima	(msnm)	Cmin	3245.000
Altitud Media	(msnm)	Am	3409.624
Altitud más frecuente	(msnm)	Af	3318.300
Altitud mayor del cauce	(msnm)	Amayc	3352.000
Altitud menor del cauce	(msnm)	Amenc	3215.000
Pendiente Promedio de cuenca	(%)	Smed	12.292

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12 Intervalos de rangos de altitudes de la microcuenca del río Florido

The screenshot shows a Notepad window titled "_reclass_DEM: Bloc de notas". The content of the window is a table with 15 rows, each representing an altitude range and its corresponding class number. The table is as follows:

3245.00 thru	3293.87 =	1
3293.87 thru	3342.73 =	2
3342.73 thru	3391.60 =	3
3391.60 thru	3440.47 =	4
3440.47 thru	3489.33 =	5
3489.33 thru	3538.20 =	6
3538.20 thru	3587.07 =	7
3587.07 thru	3635.93 =	8
3635.93 thru	3684.80 =	9
3684.80 thru	3733.67 =	10
3733.67 thru	3782.53 =	11
3782.53 thru	3831.40 =	12
3831.40 thru	3880.27 =	13
3880.27 thru	3929.13 =	14
3929.13 thru	3978.00 =	15

The window also shows a menu bar with "Archivo", "Edición", "Formato", "Ver", and "Ayuda". The status bar at the bottom indicates "Windows: Línea 1, c 100%".

value	Area_Km2
1	0.980
2	1.649
3	1.258
4	0.408
5	0.289
6	0.257
7	0.281
8	0.234
9	0.186
10	0.148
11	0.116
12	0.091
13	0.047
14	0.028
15	0.015

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13 Áreas según sus altitudes de la microcuenca del río Florido

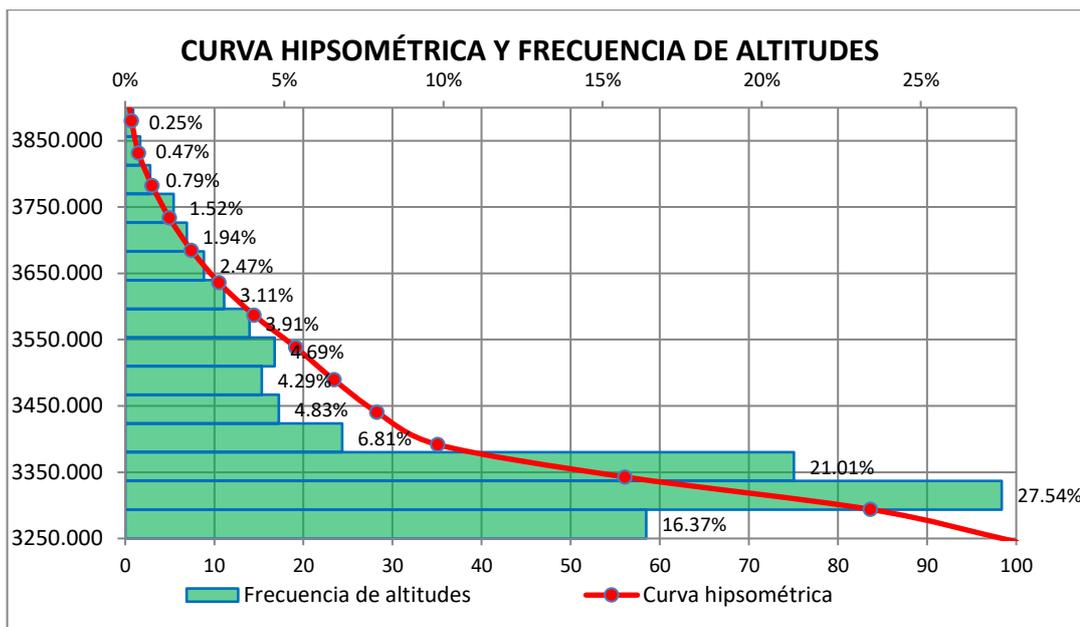
N°	Rango		Clase	15	48.867	Total	% Area Ac.	Cota
	Intervalos	733	Cota Media	Area Parcial	\sum Areas			
	(msnm)	(msnm)	(msnm)			%		(msnm)
1	3245.000	3293.867	3269.433	0.980	0.980	16.369	83.631	3293.867
2	3293.867	3342.733	3318.300	1.649	2.629	27.543	56.088	3342.733
3	3342.733	3391.600	3367.167	1.258	3.887	21.012	35.076	3391.600
4	3391.600	3440.467	3416.033	0.408	4.295	6.815	28.261	3440.467
5	3440.467	3489.333	3464.900	0.289	4.584	4.827	23.434	3489.333
6	3489.333	3538.200	3513.767	0.257	4.841	4.293	19.141	3538.200
7	3538.200	3587.067	3562.633	0.281	5.122	4.694	14.448	3587.067
8	3587.067	3635.933	3611.500	0.234	5.356	3.908	10.540	3635.933
9	3635.933	3684.800	3660.367	0.186	5.542	3.107	7.433	3684.800
10	3684.800	3733.667	3709.233	0.148	5.690	2.472	4.961	3733.667
11	3733.667	3782.533	3758.100	0.116	5.806	1.938	3.023	3782.533
12	3782.533	3831.400	3806.967	0.091	5.897	1.520	1.503	3831.400
13	3831.400	3880.267	3855.833	0.047	5.944	0.785	0.718	3880.267
14	3880.267	3929.133	3904.700	0.028	5.972	0.468	0.251	3929.133
15	3929.133	3978.000	3953.567	0.015	5.987	0.251	0.000	3978.000

Fuente: Elaboración propia

Curva hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve medio de la cuenca

Figura 33 curva hipsométrica y frecuencia de altitudes



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14 Parámetros morfométricos asociados a la red de drenaje

Parámetro	Símbolo	Valor
Orden de Cuenca	Oc	2.000
Longitud Total Drenajes (Km)	Lt	8.959
Densidad de Drenaje	D	1.497
Frecuencia de Drenaje	F	1.170
Nº drenaje orden 1		7.000
Coefficiente de Torrencialidad	Ct	1.170
Pendiente de Cauce (m/m)	Sc	0.023

Fuente: Elaboración propia

4.2. Efectos de los eventos torrenciales en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.

Análisis estadísticos de datos

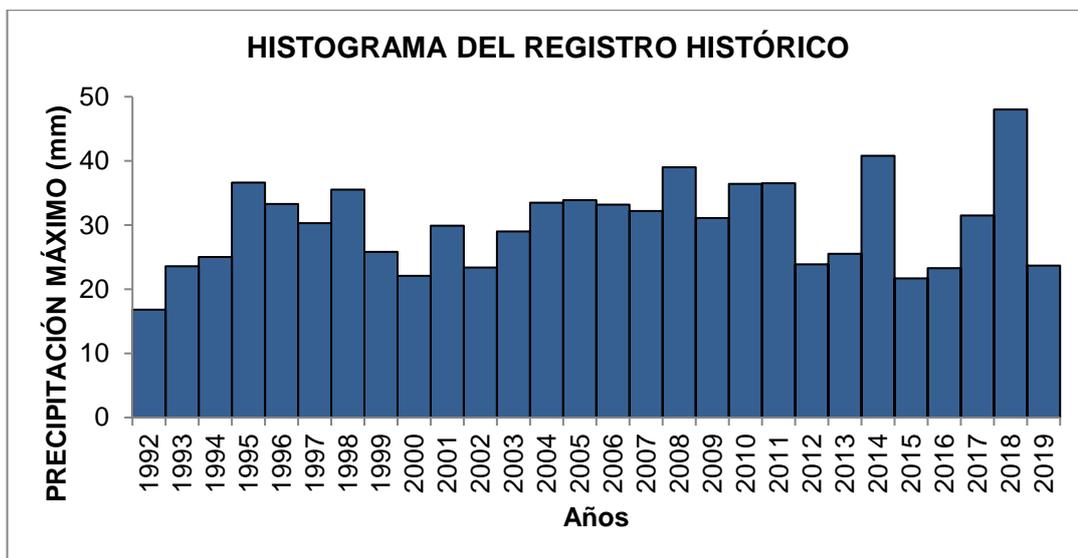
Los registros de precipitación máxima 24 Hrs proporcionado por SENAMHI, se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 15 Precipitaciones máximas anuales y acumulados de la Estación Santa Ana

PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS - ESTACION SANTA ANA							
Año	Anual	Acumulado	Mes	Año	Anual	Acumulado	Mes
1992	16.80	16.80	(Oct)	2006	33.20	431.90	(Dic)
1993	23.60	40.40	(Abr)	2007	32.20	464.10	(Mar)
1994	25.00	65.40	(Ene)	2008	39.00	503.10	(Oct)
1995	36.60	102.00	(Dic)	2009	31.10	534.20	(Abr)
1996	33.30	135.30	(Abr)	2010	36.40	570.60	(Feb)
1997	30.30	165.60	(Dic)	2011	36.50	607.10	(Mar)
1998	35.50	201.10	(Ene)	2012	23.90	631.00	(Feb)
1999	25.80	226.90	(Oct)	2013	25.50	656.50	(Ene)
2000	22.10	249.00	(Feb)	2014	40.80	697.30	(Sep)
2001	29.90	278.90	(Dic)	2015	21.70	719.00	(Sep)
2002	23.40	302.30	(Nov)	2016	23.30	742.30	(Feb)
2003	29.00	331.30	(Mar)	2017	31.50	773.80	(Sep)
2004	33.50	364.80	(Feb)	2018	48.00	821.80	(Feb)
2005	33.90	398.70	(Dic)	2019	23.70	845.50	(Ene)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 34 Histograma de registro de precipitación de la estación Santa Ana



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 16 Pruebas de datos dudoso

PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS			
N°	Año	P24hr	Log(P24hr)
1	1992	16.80	1.23
2	1993	23.60	1.37
3	1994	25.00	1.40
4	1995	36.60	1.56
5	1996	33.30	1.52
6	1997	30.30	1.48

7	1998	35.50	1.55
8	1999	25.80	1.41
9	2000	22.10	1.34
10	2001	29.90	1.48
11	2002	23.40	1.37
12	2003	29.00	1.46
13	2004	33.50	1.53
14	2005	33.90	1.53
15	2006	33.20	1.52
16	2007	32.20	1.51
17	2008	39.00	1.59
18	2009	31.10	1.49
19	2010	36.40	1.56
20	2011	36.50	1.56
21	2012	23.90	1.38
22	2013	25.50	1.41
23	2014	40.80	1.61
24	2015	21.70	1.34
25	2016	23.30	1.37
26	2017	31.50	1.50
27	2018	48.00	1.68
28	2019	23.70	1.37

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 17 Parámetros estadísticos de Pp 24 Hrs y Log Pp 24 Hrs

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	28.00	28.00
Sumatoria	845.50	41.12
Valor Máximo	48.00	1.68
Valor Mínimo	16.80	1.23
Media:	30.20	1.47
Varianza:	48.53	0.01
Desviación Estándar:	6.97	0.10
Coefficiente Variación:	0.23	0.07
Coefficiente de Sesgo:	0.38	-0.22
Coefficiente de Curtosis:	3.38	3.13

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 18 Valores para coeficientes de Kn para la prueba de datos dudoso

Cuadro: Valores para coeficiente de Kn

Tamaño de muestra n	Kn						
10	2.04	24	2.47	38	2.66	60	2.84
11	2.09	25	2.49	39	2.67	65	2.87
12	2.13	26	2.50	40	2.68	70	2.89
13	2.18	27	2.52	41	2.69	75	2.92
14	2.21	28	2.53	42	2.70	80	2.94
15	2.25	29	2.55	43	2.71	85	2.96
16	2.28	30	2.56	44	2.72	90	2.98
17	2.31	31	2.58	45	2.73	95	3.00
18	2.34	32	2.59	46	2.74	100	3.11
19	2.36	33	2.60	47	2.74	110	3.05
20	2.39	34	2.62	48	2.75	120	3.08
21	2.41	35	2.63	49	2.76	130	3.10
22	2.43	36	2.64	50	2.77	140	3.13
23	2.25	37	2.65	55	2.80		

Fuente: tomado de hidrología aplicada por (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Cuadro 19 Verificación de datos dudoso de los registros de precipitación

n=	28.00
Kn=	2.53
Kn:	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad xH= \quad 1.73$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH= \quad 10^{xH} \quad PH= \quad 53.24 \quad mm$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unidad. Logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad xL= \quad 1.21$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PH= \quad 10^{xH} \quad PL= \quad 16.26 \quad mm$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de bondad de ajuste Smirnov-Kolmogov

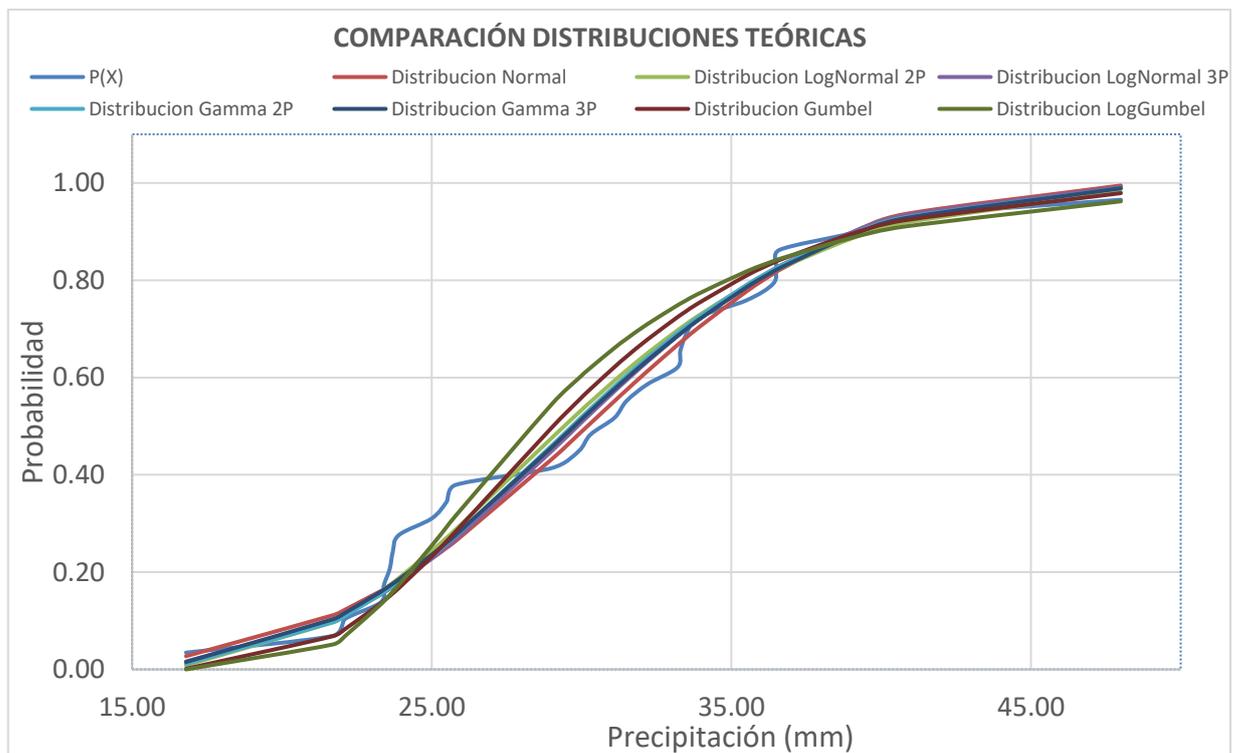
Según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje se realiza todos los modelos de distribución teórica (Anexo, A.3) para obtener el siguiente cuadro.

Cuadro 20 Variación de las distribuciones teóricas

Δ TEÓRICO DE LAS DISTRIBUCIONES							
Δ TABULAR	DISTRIBUCION NORMAL	DISTRIBUCION LOGNORMAL 2 PARÁMETROS	DISTRIBUCION LOGNORMAL 3 PARÁMETROS	DISTRIBUCION GAMMA 2 PARÁMETROS	DISTRIBUCION GAMMA 3 PARÁMETROS	DISTRIBUCION GUMBEL	DISTRIBUCION LOGGUMBEL
0.257	0.1153	0.0917	0.1116	0.1044	0.10305	0.1088	0.1499
MIN Δ	0.0917						
	DISTRIBUCION LOGNORMAL 2 PARÁMETROS						

Fuente: Elaboración Propia

Figura 35 Comparaciones de las distribuciones teóricas



Fuente: Elaboración Propia

Aplicación de la teoría distribucional

Corrección por intervalo fijo

Siguiendo la metodología se procederá a calcular para diferentes periodos de retorno las precipitaciones de diseño según la distribución de probabilidad seleccionada.

Cuadro 21 Precipitación máximas para diferentes periodos de retorno

Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno		
T (años)	P	Distribución Log Normal 2 Parámetro
2	0.500	29.42
5	0.200	35.83
10	0.100	39.73
25	0.040	44.35
50	0.020	47.61
80	0.013	49.75
100	0.010	50.75
140	0.007	52.25
200	0.005	53.81
500	0.002	57.76
Δ	0.257	0.0917

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 22 relación entre precipitación máxima e intervalos fijos

Relación entre Precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos fijos	
Número de Intervalo de Observación	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Fuente: Hidrología para ingenieros (Linsley, Kohler y Paulhus)

Precipitación Máxima de Diseño

Las predicciones de la distribución Probabilística Log Normal 2 parámetro son:

Cuadro 23 Precipitación máximas corregido

Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno		
T (años)	P	Distribución Log Normal 2 Parámetro
2	0.500	33.2446
5	0.200	40.4879
10	0.100	44.8949
25	0.040	50.1155
50	0.020	53.7993
80	0.013	56.2175
100	0.010	57.3475
140	0.007	59.0425
200	0.005	60.8053
500	0.002	65.2688
Δ	0.257	0.0917

Fuente: Elaboración Propia

Patrones de Precipitación

Los patrones de precipitación, es una manera de aproximarse a la forma del hietograma considerando la climatología de la zona. Para la construcción de la curva IDF se utilizó el cuadro 2

Cuadro 24 Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

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

Fuente: D. F. Campos A., 1978

Cuadro 25 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24.000	X24 = 100%	33.245	40.488	44.895	50.116	53.799	57.348	65.269
18.000	X18 = 91%	30.253	36.844	40.854	40.092	48.957	52.186	59.395
12.000	X12 = 80%	26.596	32.390	35.916	40.092	43.039	45.878	52.215
8.000	X8 = 68%	22.606	27.532	30.529	34.079	36.584	38.996	44.383
6.000	X6 = 61%	20.279	24.698	27.386	30.570	32.818	34.982	39.814
5.000	X5 = 57%	18.949	23.078	25.590	28.566	30.666	32.688	37.203
4.000	X4 = 52%	17.287	21.054	23.345	26.060	27.976	29.821	33.940
3.000	X3 = 46%	15.293	18.624	20.652	23.053	24.748	26.380	30.024
2.000	X2 = 39%	12.965	15.790	17.509	19.545	20.982	22.366	25.455
1.000	X1 = 30%	9.973	12.146	13.468	15.035	16.140	17.204	19.581

Fuente: Elaboración Propia

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

Cuadro 26 Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de retorno

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2	5	10	25	50	100	500 años
24	1440	1.385	1.687	1.871	2.088	2.242	2.389	2.720
18	1080	1.681	2.047	2.270	2.227	2.720	2.899	3.300
12	720	2.216	2.699	2.993	3.341	3.587	3.823	4.351
8	480	2.826	3.441	3.816	4.260	4.573	4.875	5.548
6	360	3.380	4.116	4.564	5.095	5.470	5.830	6.636
5	300	3.790	4.616	5.118	5.713	6.133	6.538	7.441
4	240	4.322	5.263	5.836	6.515	6.994	7.455	8.485
3	180	5.098	6.208	6.884	7.684	8.249	8.793	10.008
2	120	6.483	7.895	8.755	9.773	10.491	11.183	12.727
1	60	9.973	12.146	13.468	15.035	16.140	17.204	19.581

Fuente: Elaboración Propia

Selección del Período de Retorno

Para efectos de la investigación y considerando que gran parte del alcantarillado pluvial de los desarrollados se realiza por la superficie, y la norma establece como periodo de retorno para el análisis y diseño de sus obras pluviales de captación y conducción un T= 10 años y para obras de cabeza T= 25 a 50 años.

La relación entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible es:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{500}\right)^{10}$$

$$R = 0.02$$

Teniendo la obra como vida útil de 10 años y, que se desea que el riesgo o probabilidad de falla de la obra sea como máximo igual al 2%, entonces la obra se debe diseñar con un período de retorno T = 495 años (Tabla 4). Redondeando el periodo de retorno de 500 años para la investigación.

Curva Intensidad, Duración y Frecuencia

Las intensidades máximas, se calculada mediante la metodología de Dyck Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas, mediante La siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación : } I_{\text{máx}} = 226.0593 * T^{(0.2516)} * D^{(-0.7500)}$$

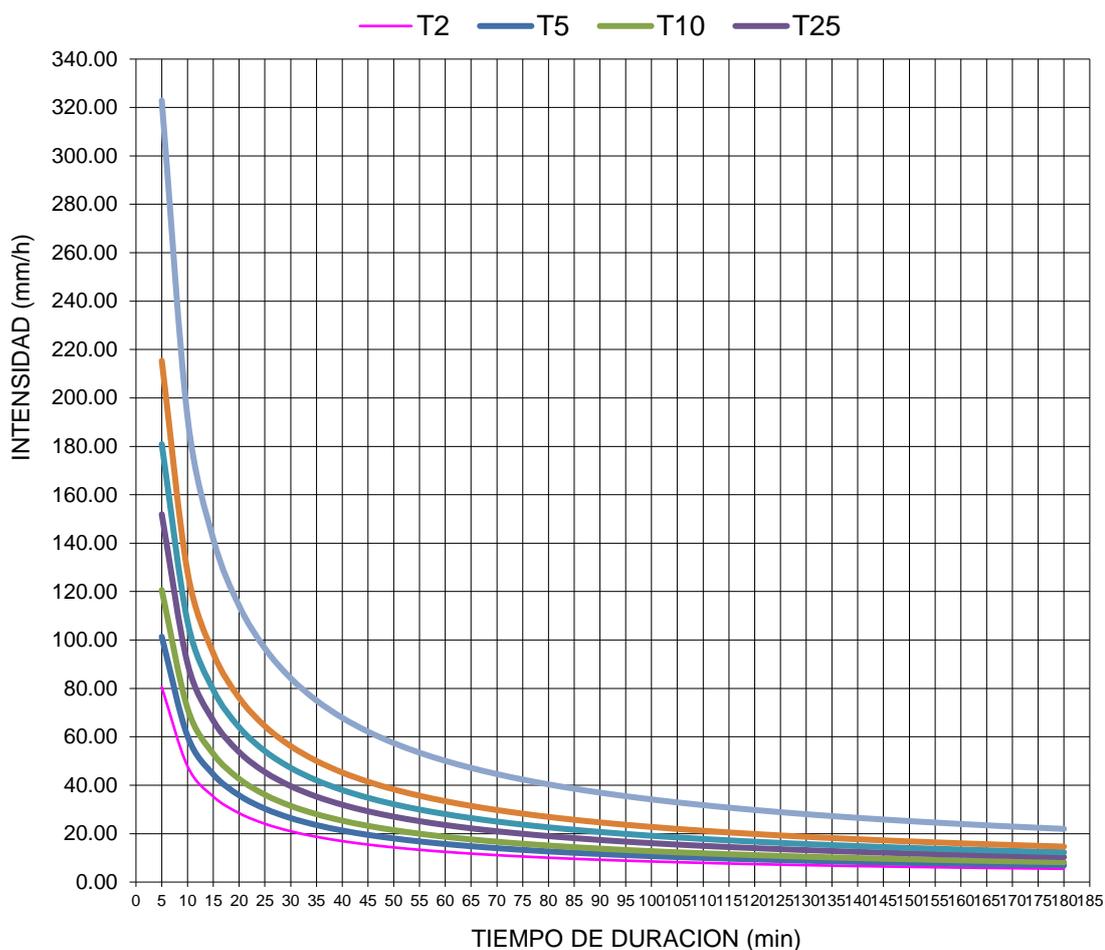
Cuadro 27 Valores de Curva IDF con método de Dyck Peschke

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	80.49	101.36	120.67	151.96	180.91	215.37	322.89
10	47.86	60.27	71.75	90.35	107.57	128.06	191.99
15	35.31	44.46	52.94	66.66	79.36	94.48	141.65
20	28.46	35.84	42.66	53.72	63.96	76.15	114.16
25	24.07	30.31	36.09	45.45	54.10	64.41	96.57
30	21.00	26.44	31.48	39.64	47.19	56.18	84.23
35	18.70	23.55	28.04	35.31	42.04	50.05	75.03
40	16.92	21.31	25.37	31.94	38.03	45.28	67.88
45	15.49	19.51	23.22	29.24	34.82	41.45	62.14
50	14.31	18.02	21.46	27.02	32.17	38.30	57.42
55	13.33	16.78	19.98	25.16	29.95	35.66	53.46
60	12.48	15.72	18.72	23.57	28.06	33.40	50.08
65	11.76	14.80	17.63	22.20	26.42	31.46	47.16
70	11.12	14.00	16.67	21.00	25.00	29.76	44.61
75	10.56	13.30	15.83	19.94	23.73	28.26	42.36
80	10.06	12.67	15.08	18.99	22.61	26.92	40.36
85	9.61	12.11	14.41	18.15	21.61	25.73	38.57
90	9.21	11.60	13.81	17.39	20.70	24.65	36.95
95	8.84	11.14	13.26	16.70	19.88	23.67	35.48
100	8.51	10.72	12.76	16.07	19.13	22.77	34.14
105	8.20	10.33	12.30	15.49	18.44	21.95	32.91
110	7.92	9.98	11.88	14.96	17.81	21.20	31.79
115	7.66	9.65	11.49	14.47	17.23	20.51	30.74
120	7.42	9.35	11.13	14.01	16.68	19.86	29.78
125	7.20	9.07	10.79	13.59	16.18	19.26	28.88
130	6.99	8.80	10.48	13.20	15.71	18.71	28.04
135	6.80	8.56	10.19	12.83	15.27	18.18	27.26
140	6.61	8.33	9.91	12.48	14.86	17.69	26.53
145	6.44	8.11	9.66	12.16	14.48	17.23	25.84
150	6.28	7.91	9.41	11.85	14.11	16.80	25.19
155	6.13	7.71	9.18	11.57	13.77	16.39	24.58
160	5.98	7.53	8.97	11.29	13.45	16.01	24.00
165	5.85	7.36	8.76	11.04	13.14	15.64	23.45
170	5.72	7.20	8.57	10.79	12.85	15.30	22.93
175	5.59	7.04	8.39	10.56	12.57	14.97	22.44
180	5.48	6.90	8.21	10.34	12.31	14.65	21.97

Fuente: Elaboración Propia

Grafico 28 Curva IDF con método de Dyck Peschke

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 29 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con valores de Dyck Peschke

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 500 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	21.97
Precipitación en 24 horas (mm)	65.27
Intervalos de tiempo (min)	5

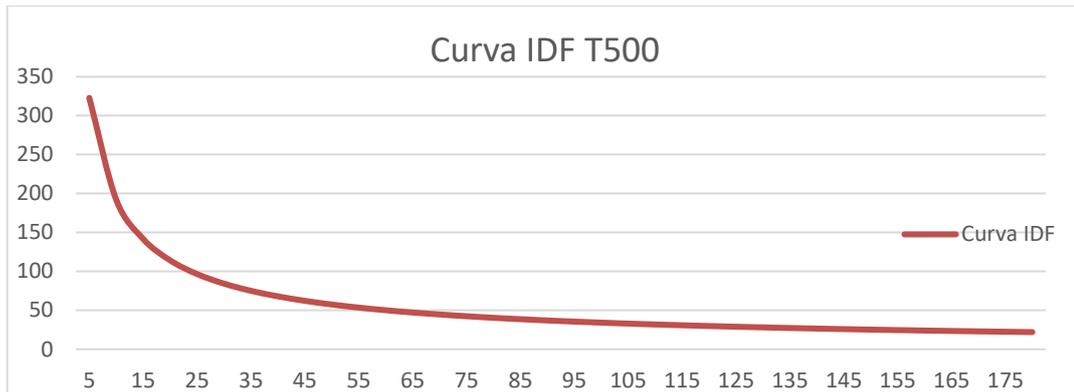
Cuadro 30 Método de los bloques alternados T=500 años con Dyck Peschke

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	322.89	26.91	26.91	322.89	0.47	5.67
10	191.99	32.00	5.09	61.09	0.49	5.93

15	141.65	35.41	3.41	40.96	0.52	6.22
20	114.16	38.05	2.64	31.69	0.55	6.54
25	96.57	40.24	2.18	26.20	0.58	6.91
30	84.23	42.11	1.88	22.52	0.61	7.33
35	75.03	43.77	1.65	19.86	0.65	7.81
40	67.88	45.25	1.49	17.83	0.70	8.38
45	62.14	46.61	1.35	16.23	0.75	9.05
50	57.42	47.85	1.24	14.93	0.82	9.86
55	53.46	49.00	1.15	13.85	0.91	10.87
60	50.08	50.08	1.08	12.93	1.01	12.15
65	47.16	51.09	1.01	12.15	1.15	13.85
70	44.61	52.05	0.96	11.47	1.35	16.23
75	42.36	52.95	0.91	10.87	1.65	19.86
80	40.36	53.82	0.86	10.34	2.18	26.20
85	38.57	54.64	0.82	9.86	3.41	40.96
90	36.95	55.42	0.79	9.44	26.91	322.89
95	35.48	56.18	0.75	9.05	5.09	61.09
100	34.14	56.90	0.73	8.70	2.64	31.69
105	32.91	57.60	0.70	8.38	1.88	22.52
110	31.79	58.27	0.67	8.09	1.49	17.83
115	30.74	58.93	0.65	7.81	1.24	14.93
120	29.78	59.56	0.63	7.56	1.08	12.93
125	28.88	60.17	0.61	7.33	0.96	11.47
130	28.04	60.76	0.59	7.11	0.86	10.34
135	27.26	61.34	0.58	6.91	0.79	9.44
140	26.53	61.90	0.56	6.72	0.73	8.70
145	25.84	62.44	0.55	6.54	0.67	8.09
150	25.19	62.97	0.53	6.38	0.63	7.56
155	24.58	63.49	0.52	6.22	0.59	7.11
160	24.00	64.00	0.51	6.07	0.56	6.72
165	23.45	64.49	0.49	5.93	0.53	6.38
170	22.93	64.97	0.48	5.80	0.51	6.07
175	22.44	65.45	0.47	5.67	0.48	5.80
180	21.97	65.91	0.46	5.55	0.46	5.55

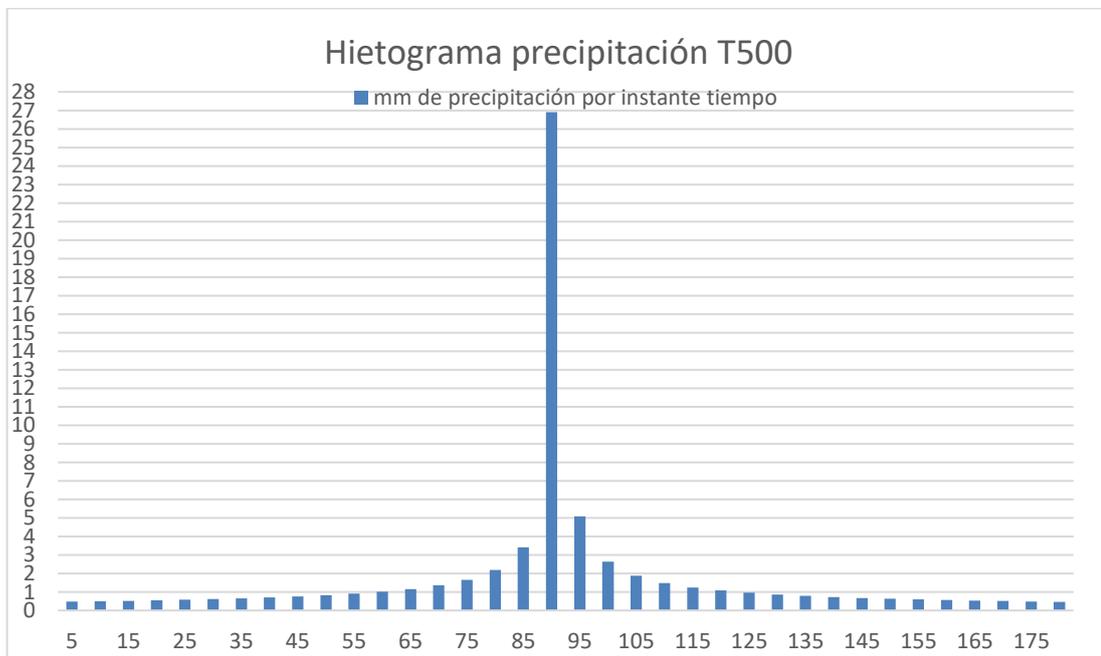
Fuente: Elaboración Propia

Figura 36 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con Dyck Peschke



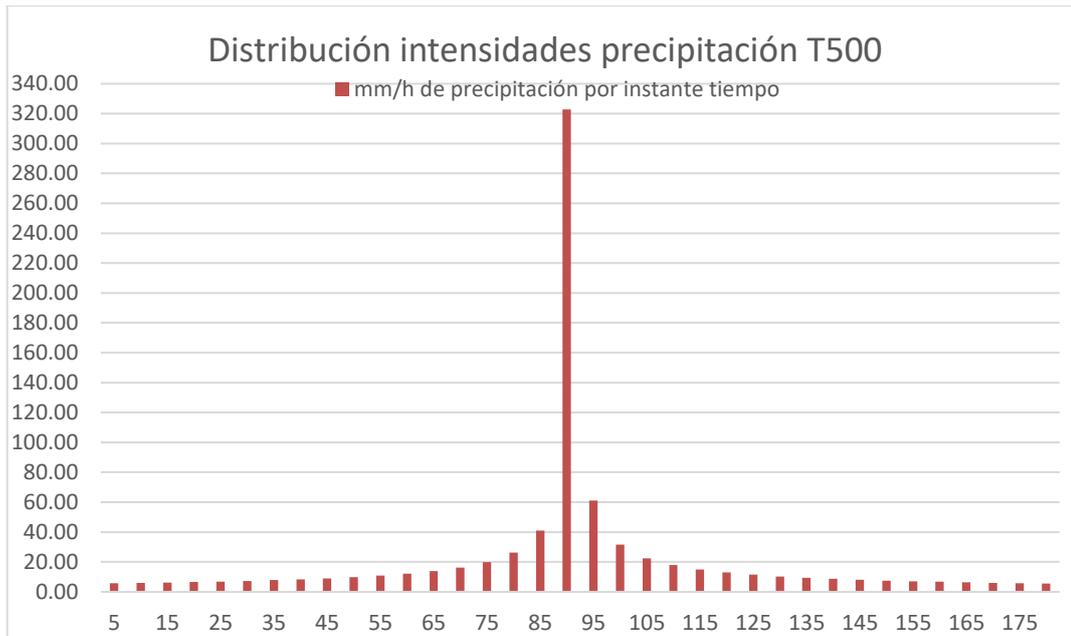
Fuente: Elaboración Propia

Figura 37 Hietograma de precipitación para T=500 años con Dyck Peschke



Fuente: Elaboración Propia

Figura 38 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años con Dyck Peschke



Fuente: Elaboración Propia

Las intensidades máximas, mediante la metodología de Frederich Bell, a partir de P_{60}^{10} : precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años, mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación: } I_{\text{máx}} = 117.8475 * T^{(0.2040)} * D^{(-0.5535)}$$

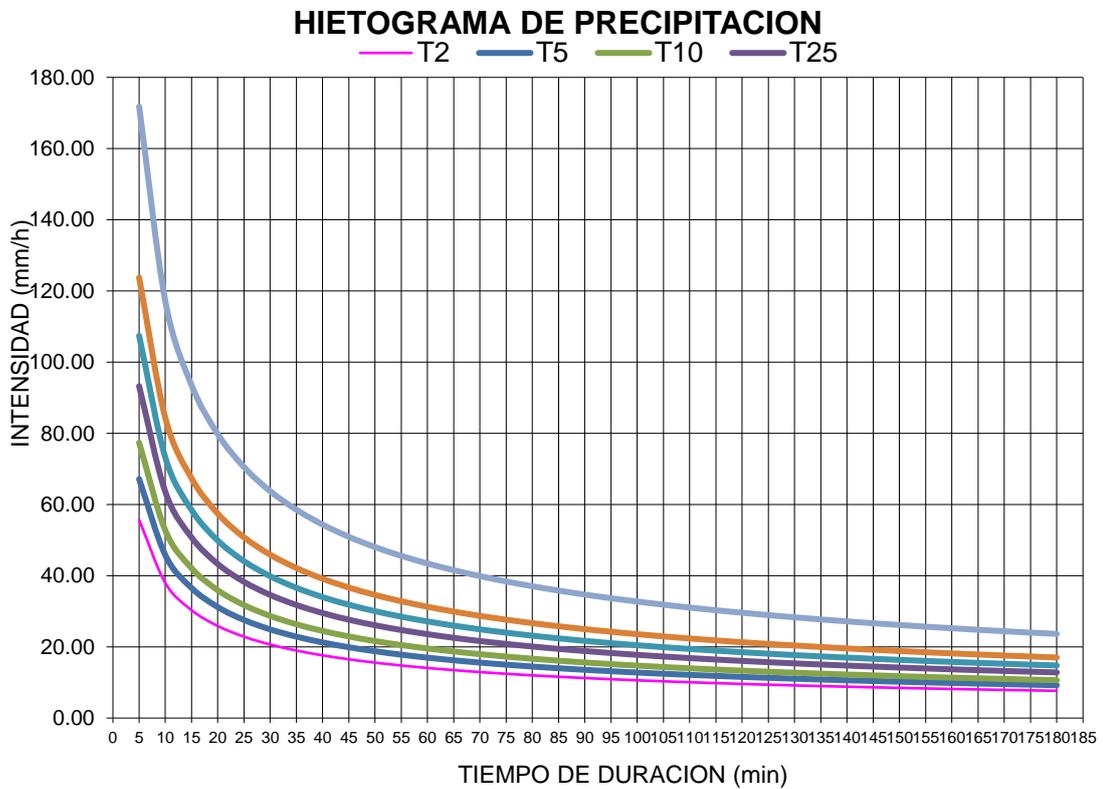
Cuadro 31 Valores de Curva IDF por método de Frederich Bell

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	55.70	67.15	77.35	93.24	107.41	123.72	171.80
10	37.95	45.75	52.70	63.53	73.18	84.30	117.06
15	30.32	36.55	42.11	50.76	58.47	67.35	93.53
20	25.86	31.17	35.91	43.29	49.86	57.44	79.76
25	22.85	27.55	31.74	38.26	44.07	50.76	70.49
30	20.66	24.91	28.69	34.59	39.84	45.89	63.73
35	18.97	22.87	26.34	31.76	36.58	42.14	58.52
40	17.62	21.24	24.47	29.50	33.98	39.14	54.35
45	16.51	19.90	22.92	27.63	31.83	36.67	50.92
50	15.57	18.77	21.62	26.07	30.03	34.59	48.03
55	14.77	17.81	20.51	24.73	28.49	32.81	45.56
60	14.08	16.97	19.55	23.57	27.15	31.27	43.42
65	13.47	16.24	18.70	22.55	25.97	29.91	41.54

70	12.93	15.58	17.95	21.64	24.93	28.71	39.87
75	12.44	15.00	17.28	20.83	23.99	27.64	38.38
80	12.01	14.47	16.67	20.10	23.15	26.67	37.03
85	11.61	14.00	16.12	19.43	22.39	25.79	35.81
90	11.25	13.56	15.62	18.83	21.69	24.98	34.69
95	10.92	13.16	15.16	18.27	21.05	24.25	33.67
100	10.61	12.79	14.73	17.76	20.46	23.57	32.73
105	10.33	12.45	14.34	17.29	19.92	22.94	31.86
110	10.07	12.13	13.98	16.85	19.41	22.36	31.05
115	9.82	11.84	13.64	16.44	18.94	21.81	30.29
120	9.59	11.56	13.32	16.06	18.50	21.31	29.59
125	9.38	11.30	13.02	15.70	18.08	20.83	28.92
130	9.18	11.06	12.74	15.36	17.69	20.38	28.30
135	8.99	10.83	12.48	15.04	17.33	19.96	27.72
140	8.81	10.62	12.23	14.74	16.98	19.56	27.17
145	8.64	10.41	12.00	14.46	16.66	19.19	26.64
150	8.48	10.22	11.77	14.19	16.35	18.83	26.15
155	8.32	10.04	11.56	13.94	16.05	18.49	25.68
160	8.18	9.86	11.36	13.69	15.77	18.17	25.23
165	8.04	9.69	11.17	13.46	15.51	17.86	24.80
170	7.91	9.54	10.98	13.24	15.25	17.57	24.40
175	7.78	9.38	10.81	13.03	15.01	17.29	24.01
180	7.66	9.24	10.64	12.83	14.78	17.02	23.64

Fuente: Elaboración Propia

Grafico 32 Curva IDF por método de Frederich Bell



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 33 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con valores de Frederich Bell

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 500 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	23.64
Precipitación en 24 horas (mm)	65.27
Intervalos de tiempo (min)	5

Fuente: Elaboración Propia

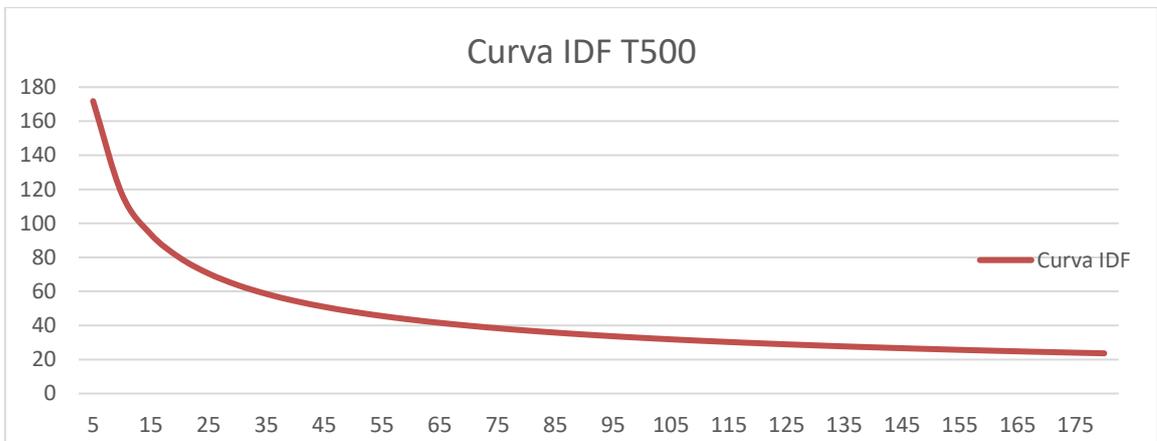
Cuadro 34 Método de los bloques alternados T=500 años con Frederich Bell

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	171.80	14.32	14.32	171.80	0.90	10.81
10	117.06	19.51	5.19	62.32	0.93	11.17
15	93.53	23.38	3.87	46.46	0.96	11.57
20	79.76	26.59	3.20	38.46	1.00	12.01
25	70.49	29.37	2.79	33.42	1.04	12.51
30	63.73	31.86	2.49	29.89	1.09	13.06
35	58.52	34.13	2.27	27.24	1.14	13.69
40	54.35	36.23	2.10	25.16	1.20	14.42
45	50.92	38.19	1.96	23.48	1.27	15.26
50	48.03	40.03	1.84	22.07	1.35	16.26
55	45.56	41.77	1.74	20.88	1.46	17.46
60	43.42	43.42	1.65	19.86	1.58	18.96
65	41.54	45.00	1.58	18.96	1.74	20.88
70	39.87	46.52	1.51	18.17	1.96	23.48
75	38.38	47.97	1.46	17.46	2.27	27.24
80	37.03	49.37	1.40	16.83	2.79	33.42
85	35.81	50.73	1.35	16.26	3.87	46.46
90	34.69	52.04	1.31	15.74	14.32	171.80
95	33.67	53.31	1.27	15.26	5.19	62.32
100	32.73	54.55	1.24	14.82	3.20	38.46
105	31.86	55.75	1.20	14.42	2.49	29.89
110	31.05	56.92	1.17	14.04	2.10	25.16
115	30.29	58.06	1.14	13.69	1.84	22.07
120	29.59	59.17	1.11	13.37	1.65	19.86
125	28.92	60.26	1.09	13.06	1.51	18.17
130	28.30	61.32	1.06	12.77	1.40	16.83
135	27.72	62.37	1.04	12.51	1.31	15.74
140	27.17	63.39	1.02	12.25	1.24	14.82
145	26.64	64.39	1.00	12.01	1.17	14.04

150	26.15	65.37	0.98	11.78	1.11	13.37
155	25.68	66.33	0.96	11.57	1.06	12.77
160	25.23	67.28	0.95	11.36	1.02	12.25
165	24.80	68.21	0.93	11.17	0.98	11.78
170	24.40	69.13	0.92	10.98	0.95	11.36
175	24.01	70.03	0.90	10.81	0.92	10.98
180	23.64	70.92	0.89	10.64	0.89	10.64

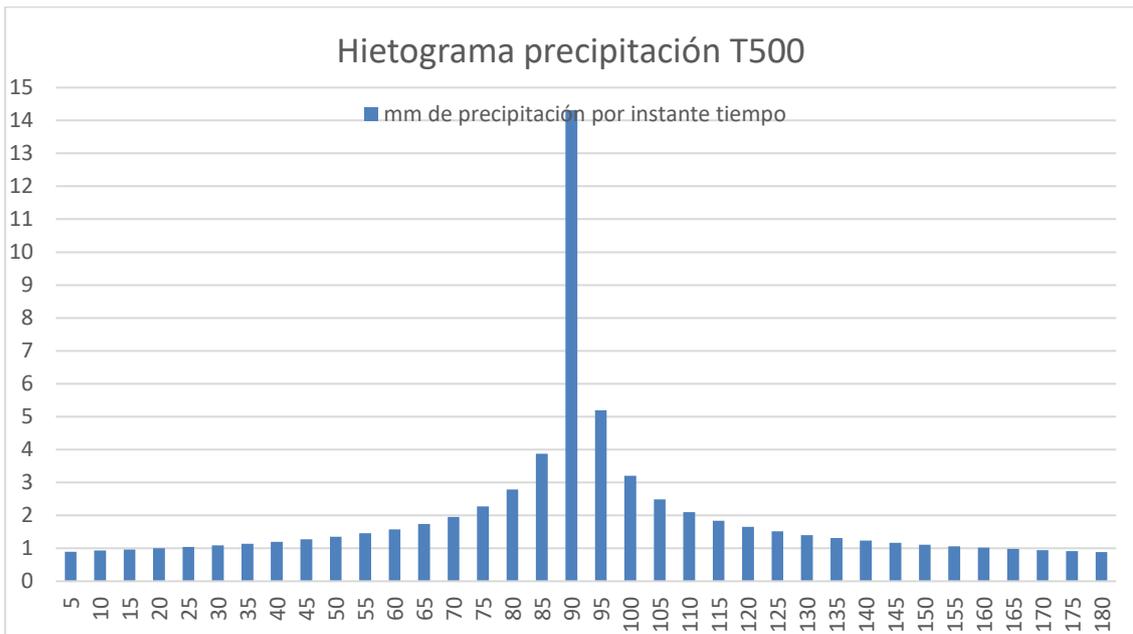
Fuente: Elaboración Propia

Figura 39 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con Frederich Bell



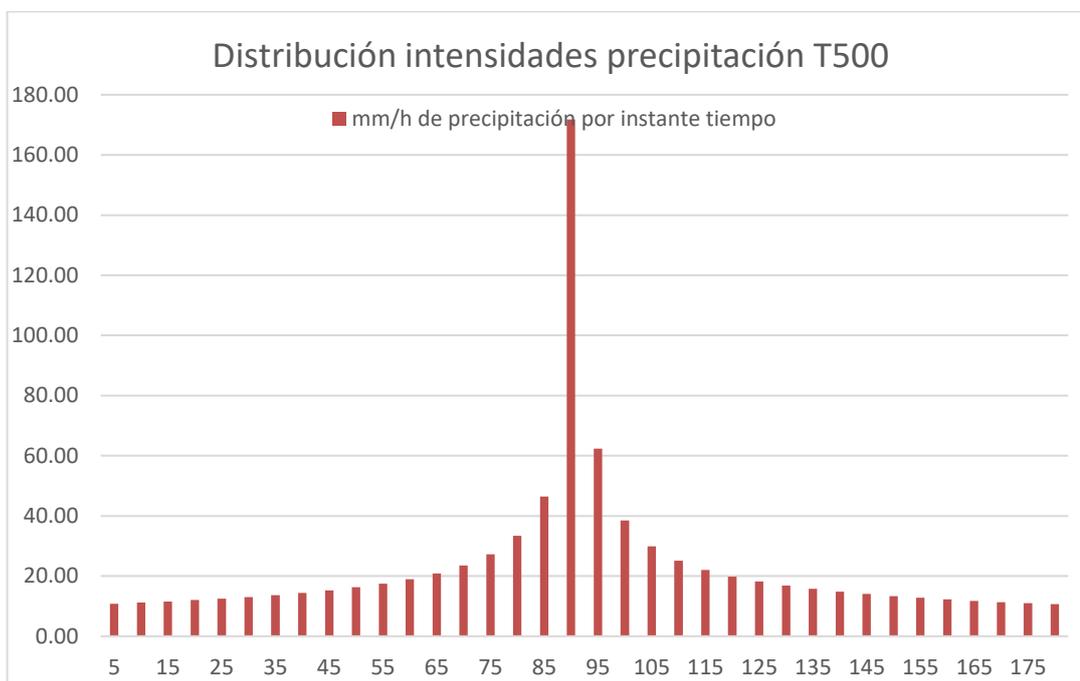
Fuente: Elaboración Propia

Figura 40 Hietograma de precipitación para T=500 años con Frederich Bell



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años



Fuente: Elaboración Propia

Curva IDF IILA-SENAMHI

Para una duración de la tormenta de $t < 3$ horas.

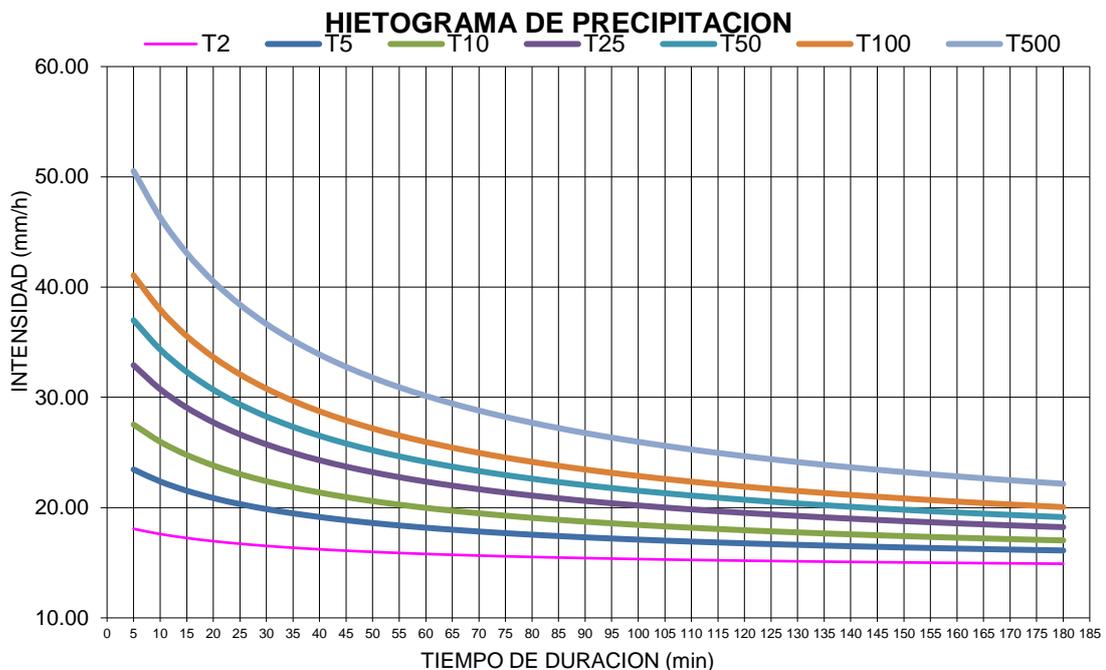
Cuadro 35 Valores de Curva IDF IILA-SENAMHI- UNI – para Huancayo

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	18.07	23.46	27.53	32.92	36.99	41.06	50.52
10	17.61	22.37	25.98	30.74	34.35	37.95	46.32
15	17.24	21.53	24.78	29.07	32.31	35.56	43.09
20	16.96	20.87	23.82	27.73	30.69	33.65	40.52
25	16.72	20.32	23.04	26.64	29.37	32.09	38.41
30	16.53	19.87	22.39	25.74	28.26	30.79	36.66
35	16.36	19.48	21.84	24.96	27.32	29.69	35.17
40	16.22	19.15	21.37	24.30	26.52	28.74	33.88
45	16.09	18.86	20.95	23.72	25.81	27.91	32.77
50	15.98	18.61	20.59	23.21	25.20	27.18	31.79
55	15.89	18.38	20.27	22.76	24.65	26.54	30.92

60	15.80	18.18	19.98	22.36	24.16	25.96	30.14
65	15.72	18.00	19.72	22.00	23.72	25.44	29.44
70	15.65	17.83	19.48	21.67	23.32	24.97	28.80
75	15.59	17.68	19.27	21.37	22.95	24.54	28.22
80	15.53	17.55	19.07	21.09	22.62	24.15	27.70
85	15.47	17.42	18.89	20.84	22.32	23.79	27.21
90	15.42	17.31	18.73	20.61	22.03	23.46	26.76
95	15.38	17.20	18.58	20.40	21.77	23.15	26.35
100	15.33	17.10	18.43	20.20	21.53	22.87	25.97
105	15.29	17.01	18.30	20.01	21.31	22.60	25.61
110	15.26	16.92	18.18	19.84	21.10	22.35	25.27
115	15.22	16.84	18.06	19.68	20.90	22.12	24.96
120	15.19	16.76	17.95	19.53	20.71	21.90	24.67
125	15.16	16.69	17.85	19.38	20.54	21.70	24.39
130	15.13	16.62	17.75	19.25	20.38	21.51	24.13
135	15.10	16.56	17.66	19.12	20.22	21.33	23.89
140	15.08	16.50	17.58	19.00	20.08	21.15	23.65
145	15.05	16.44	17.50	18.89	19.94	20.99	23.43
150	15.03	16.39	17.42	18.78	19.81	20.84	23.22
155	15.01	16.34	17.34	18.67	19.68	20.69	23.03
160	14.99	16.29	17.27	18.58	19.56	20.55	22.84
165	14.97	16.24	17.21	18.48	19.45	20.41	22.66
170	14.95	16.20	17.14	18.39	19.34	20.29	22.48
175	14.93	16.15	17.08	18.31	19.24	20.17	22.32
180	14.91	16.11	17.02	18.23	19.14	20.05	22.16

Fuente: Elaboración Propia

Figura 42 Curva IDF IILA-SENAMHI- UNI – para Huancayo



Fuente: Elaboración Propia

Duración de la Tormenta.

La duración de la Tormenta, según Senamhi, las más intensas, están entre 2 y 3 horas.

Método de los Bloques Alternados

A partir de la Curva IDF, se construye un hietograma de precipitación con método de los bloques alternados, para una tormenta de 500 años.

Cuadro 36 Parámetros de diseño para el uso del método de los bloques alternados con IILA-SENAMHI- UNI

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 500 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intesidad de lluvia (mm/h)	22.16
Precipitación en 24 horas (mm)	66.30
Intervalos de tiempo (min)	5

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 37 Método de los bloques alternados T=500 años con IILA-SENAMHI- UNI

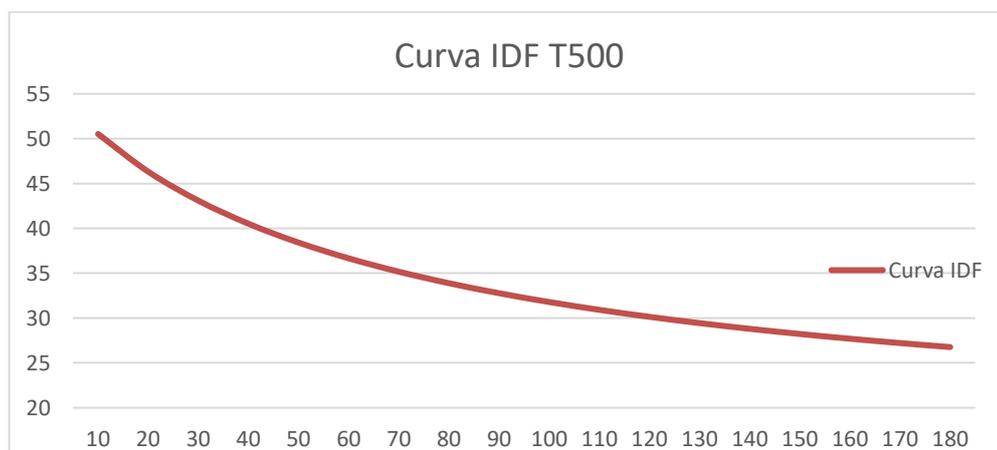
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	50.52	4.21	4.21	50.52	1.39	16.74
10	46.32	7.72	3.51	42.12	1.41	16.89
15	43.09	10.77	3.05	36.62	1.42	17.07
20	40.52	13.51	2.73	32.79	1.44	17.27
25	38.41	16.00	2.50	30.00	1.46	17.50
30	36.66	18.33	2.32	27.88	1.48	17.77
35	35.17	20.51	2.19	26.23	1.51	18.08
40	33.88	22.59	2.08	24.91	1.54	18.45
45	32.77	24.58	1.99	23.84	1.57	18.90
50	31.79	26.49	1.91	22.95	1.62	19.45
55	30.92	28.34	1.85	22.20	1.68	20.14
60	30.14	30.14	1.80	21.57	1.75	21.03
65	29.44	31.89	1.75	21.03	1.85	22.20
70	28.80	33.60	1.71	20.55	1.99	23.84
75	28.22	35.28	1.68	20.14	2.19	26.23
80	27.70	36.93	1.65	19.77	2.50	30.00

85	27.21	38.55	1.62	19.45	3.05	36.62
90	26.76	40.15	1.60	19.16	4.21	50.52
95	26.35	41.72	1.57	18.90	3.51	42.12
100	25.97	43.28	1.56	18.66	2.73	32.79
105	25.61	44.81	1.54	18.45	2.32	27.88
110	25.27	46.33	1.52	18.26	2.08	24.91
115	24.96	47.84	1.51	18.08	1.91	22.95
120	24.67	49.33	1.49	17.92	1.80	21.57
125	24.39	50.81	1.48	17.77	1.71	20.55
130	24.13	52.28	1.47	17.63	1.65	19.77
135	23.89	53.74	1.46	17.50	1.60	19.16
140	23.65	55.19	1.45	17.38	1.56	18.66
145	23.43	56.63	1.44	17.27	1.52	18.26
150	23.22	58.06	1.43	17.17	1.49	17.92
155	23.03	59.48	1.42	17.07	1.47	17.63
160	22.84	60.90	1.41	16.98	1.45	17.38
165	22.66	62.31	1.41	16.89	1.43	17.17
170	22.48	63.71	1.40	16.81	1.41	16.98
175	22.32	65.10	1.39	16.74	1.40	16.81
180	22.16	66.49	1.39	16.67	1.39	16.67

Fuente: Elaboración Propia

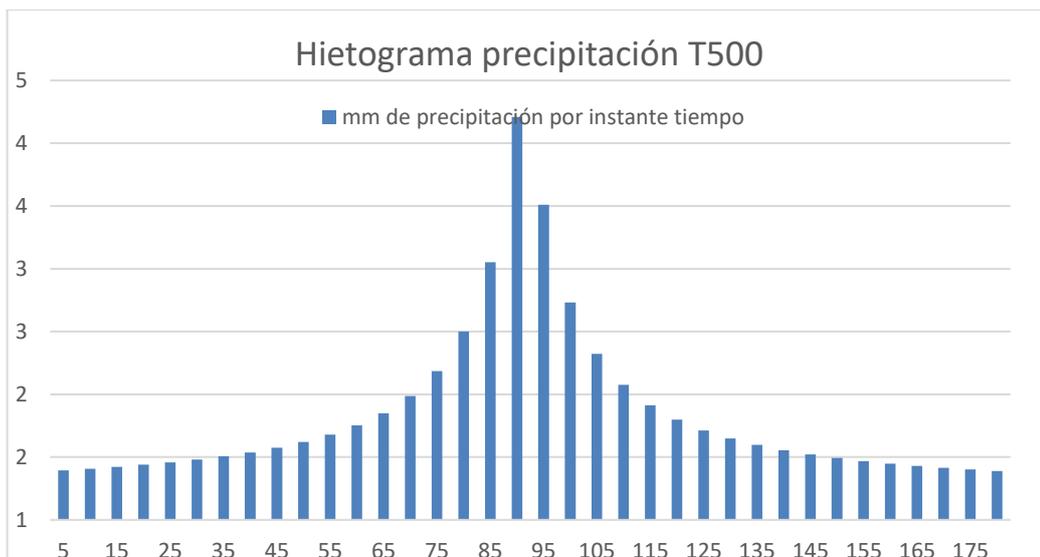
El hietograma, especifica la precipitación en un número de intervalos de tiempo, para una precipitación de duración de 180 minutos.

Figura 43 Curva de intensidad, duración y frecuencia para un retorno de 500 años con IILA-SENAMHI- UNI



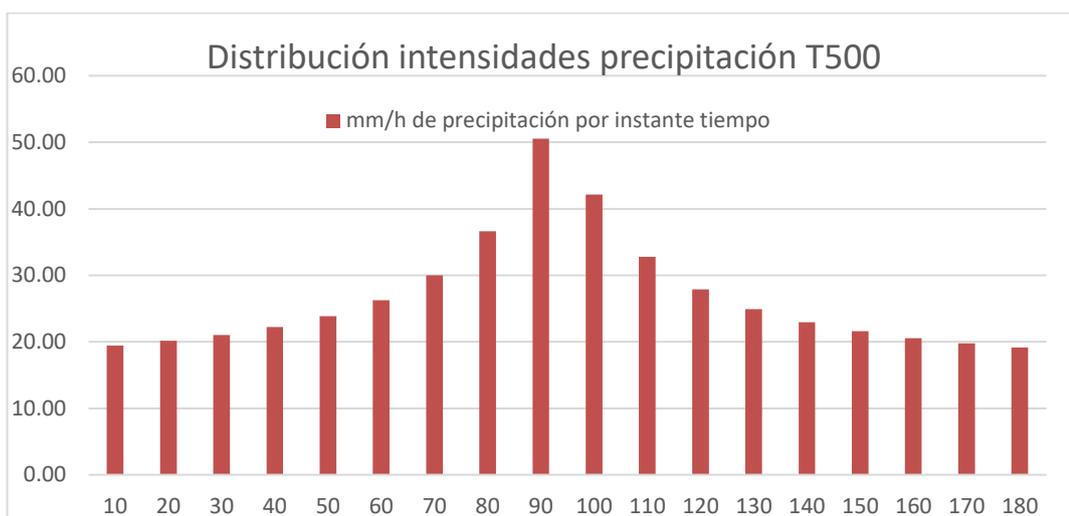
Fuente: Elaboración Propia

Figura 44 Hietograma de precipitación para T=500 años



Fuente: Elaboración Propia

Figura 45 Distribución de intensidad de precipitación para T=500 años



Fuente: Elaboración Propia

4.3. Relación entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo.

Caudales máximos por método racional

Este método es aplicado para pequeñas cuencas de drenaje que no exceda los 13 Km².

Cuadro 38 caudal máximo por método racional para el área de estudio

Nº	Nombre	Ubicación Km.	Area A	Desnivel H	Longitud del cauce L(m)	Pendiente S	Tiempo de Concentración Tc	
				(m.)	L (m.)	(m/m)	horas	minutos
1	Área de estudio	0+000	9.07	733	5,963	0.123	1.07	64.30

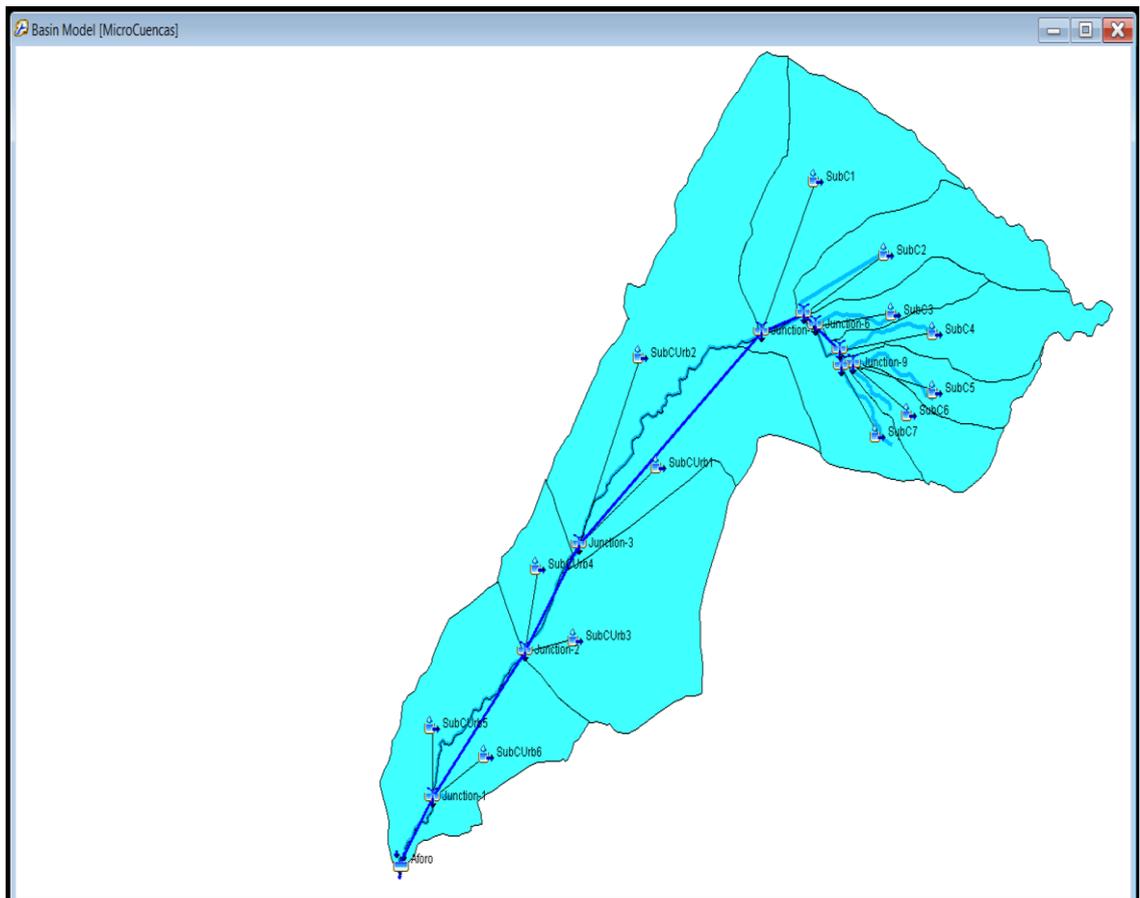
Intensidad mm/hora							Caudal Máximo						
T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500
8.21	9.80	11.20	13.37	15.28	17.47	23.85	12.82	15.31	17.50	20.89	23.88	27.31	37.27

Fuente: Elaboración Propia

Caudales Máximos de diseño con el Modelamiento HECHMS

Se determina la escorrentía, producto del evento de la lluvia, hasta hallar el hidrograma resultante a la salida de toda la cuenca del rio florido.

Figura 46 Área delimitada y sus afluencias.



Fuente: Elaboración Propia

En la determinación de la gráfica 5, se realiza por el método de numero de curvas.

Determinación de numero de curvas por método SCS

Cuadro 39 Resultado de Numero de curvas según el área delimitada para el estudio

Zona	Area delimitada	CN Ponderado
Cuenca Alta	SubC1	81.78
	SubC2	84.05
	SubC3	86.04
	SubC4	86.04
	SubC5	84.54
	SubC6	82.59
	SubC7	84.94
Cuenca Intermedia 1	SubCUrb1	76.27
	SubCUrb2	68.92
Cuenca Intermedia 2	SubCUrb3	79.20
	SubCUrb4	68.35
Cuenca Baja	SubCUrb5	70.77
	SubCUrb6	70.77
Promedio		78.79

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 40 Resultado de la simulación hidrológico del rio Florido con el Software Hec-HMS considerando el hietograma de diseño de Dyck Peschke.

Global Summary Results for Run "D_500"

Project: Modelamiento_Hidraulico Simulation Run: D_500

Start of Run: 10ene2020, 13:00 Basin Model: MicroCuencas
 End of Run: 10ene2020, 21:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Alfabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Aforo	9.07	62.6	10ene2020, 15:20	199.2
F1	9.07	62.6	10ene2020, 15:25	199.2
F2	7.83	62.2	10ene2020, 15:15	182.5
F3	6.22	61.1	10ene2020, 15:05	148.4
F4	3.75	56.8	10ene2020, 14:55	112.9
F5	2.20	37.3	10ene2020, 14:40	68.9
F6	1.48	28.4	10ene2020, 14:40	47.1
F7	1.22	26.3	10ene2020, 14:40	38.5
F8	0.63	13.6	10ene2020, 14:40	18.5
F9	0.63	13.6	10ene2020, 14:35	18.5
Junction-1	9.07	63.8	10ene2020, 15:15	199.2
Junction-2	7.83	64.6	10ene2020, 15:05	182.5
Junction-3	6.22	62.3	10ene2020, 14:55	148.4
Junction-4	3.75	57.4	10ene2020, 14:40	112.9
Junction-5	1.48	28.4	10ene2020, 14:40	47.1
Junction-6	1.48	29.8	10ene2020, 14:40	47.1
Junction-7	1.22	27.6	10ene2020, 14:35	38.5
Junction-8	0.63	13.6	10ene2020, 14:35	18.5
Junction-9	0.63	15.9	10ene2020, 14:30	18.5
SubCurb1	0.86	11.7	10ene2020, 14:35	16.8
SubCurb2	1.60	11.1	10ene2020, 14:35	18.8
SubCurb3	1.34	22.5	10ene2020, 14:35	30.9
SubCurb4	0.28	1.8	10ene2020, 14:35	3.1
SubCurb5	0.66	5.5	10ene2020, 14:35	8.9
SubCurb6	0.58	6.3	10ene2020, 14:30	7.9
SubC1	1.10	21.9	10ene2020, 14:35	29.5
SubC2	0.72	16.8	10ene2020, 14:35	21.7
SubC3	0.26	6.6	10ene2020, 14:30	8.7
SubC4	0.59	16.8	10ene2020, 14:30	20.0
SubC5	0.30	7.0	10ene2020, 14:30	9.2
SubC6	0.33	8.9	10ene2020, 14:30	9.2
SubC7	0.46	11.7	10ene2020, 14:30	14.5

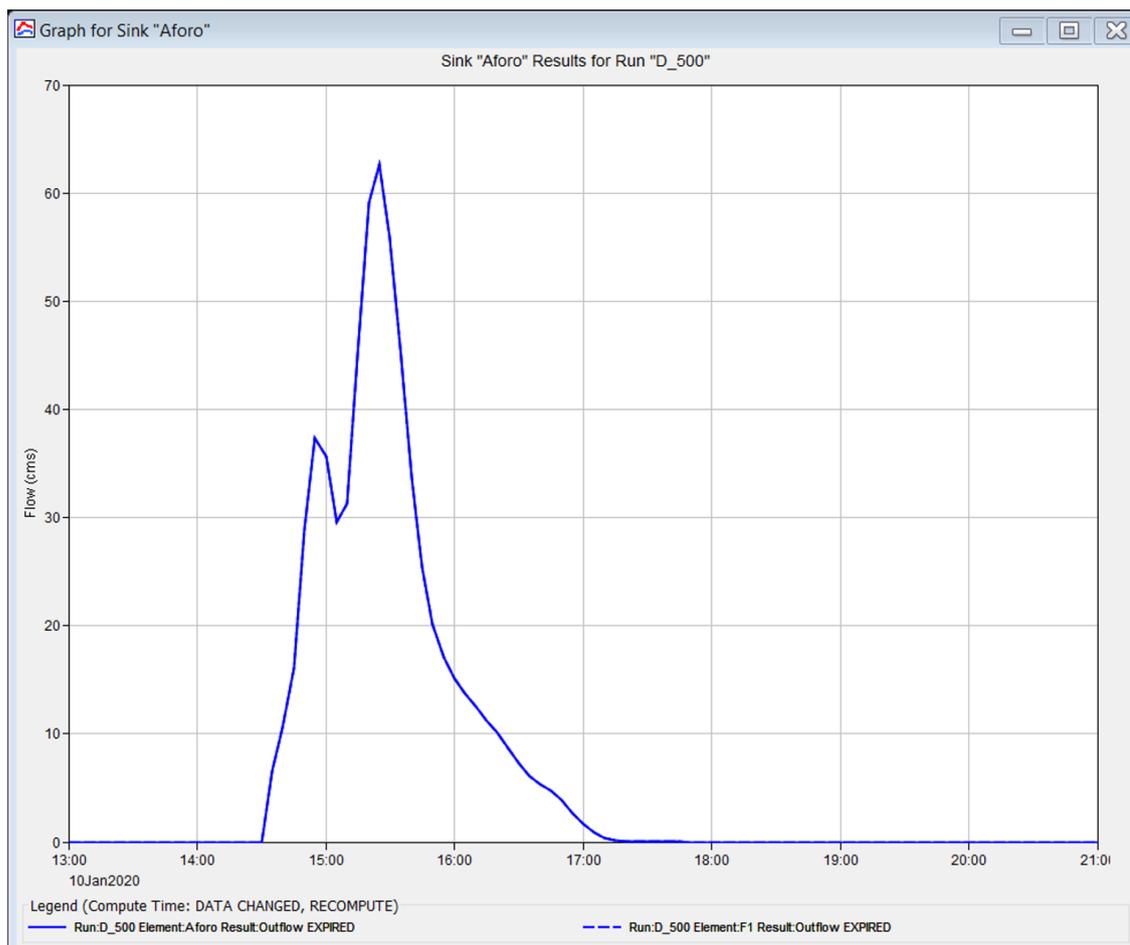
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 41 Relación de caudal pico en diferentes periodos de retorno

Area delimitada (estudio)	Periodo de retorno	Precipitación en 24 horas	Intensidad	Aforo Caudales pico
	(Tc)	(mm)	(mm/h)	
	2	33.24	5.48	0.90
	5	40.49	6.90	2.70
	10	44.89	8.21	5.30
9.073	25	50.12	10.34	11.10
	50	53.80	12.31	18.00
	100	57.35	14.65	27.50
	500	65.27	21.97	62.60

Fuente: Elaboración Propia

Figura 47 Hidrograma de descargar máximas en el Aforo



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 42 Relación de caudal pico del tramo del río Florido en diferentes periodos de retorno

TRAMOS			PERIODO DE RETORNO							
			2	5	10	25	50	100	500	
Aforo	Calle Daniel A. Carrion	F1	0.90	2.70	5.30	11.10	18.00	27.50	62.60	
Calle Daniel A. Carrion	Calle Arequipa	F2	0.90	2.70	5.40	11.20	17.90	27.00	62.20	
Calle Arequipa	Avenida Ferrocarril	F3	0.90	2.70	5.10	10.60	17.30	26.60	61.10	
Avenida Ferrocarril	Calle San Agustin	F4	0.90	2.60	5.10	10.50	16.60	25.10	56.80	
Calle San Agustin	Avenida Orion	F5	0.70	1.90	3.70	7.30	11.30	16.80	37.30	
Avenida Orion	Calle Alpha	F6	0.50	1.40	2.70	5.40	8.60	12.80	28.40	
Calle Alpha	Avenida La Alameda	F7	0.40	1.20	2.40	4.90	7.80	11.80	26.30	
Avenida La Alameda	Avenida Guardia Civil (Parq)	F8	0.10	0.50	1.10	2.40	3.90	6.00	13.60	
Avenida Guardia Civil (Parq)	Avenida Circunvalacion	F9	0.10	0.50	1.10	2.40	3.90	6.00	13.60	

Fuente: Elaboración Propia

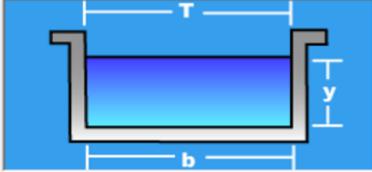
Figura 48 Cálculo de sección de un alcantarillado rectangular con Hcanales.

Calculadora de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Florido - Huancayo** Proyecto: **Alcantarillado Pluvial**
 Tramo: **Av. Orion - Rio Chilca** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Caudal (Q):	62.60	m ³ /s
Ancho de solera (b):	4.60	m
Talud (Z):		
Rugosidad (n):	0.016	
Pendiente (S):	0.010	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	2.0600	m	Perímetro (p):	8.7200	m
Área hidráulica (A):	9.4759	m ²	Radio hidráulico (R):	1.0867	m
Espejo de agua (T):	4.6000	m	Velocidad (v):	6.6062	m/s
Número de Froude (F):	1.4696		Energía específica (E):	4.2843	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:44 9/03/2020

Fuente: Elaboración Propia

Figura 49 Cálculo de sección de un alcantarillado circular con Hcanales.

Calculadora del tirante normal, sección circular

Lugar: **Rio Florido - Huancayo** Proyecto: **Alcantarillado Pluvial**
 Tramo: **Av. Orion - Rio Chilca** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Caudal (Q):	62.6	m ³ /s
Diámetro (d):	4.2	m
Rugosidad (n):	0.016	
Pendiente (S):	0.01	m/m



Resultados:

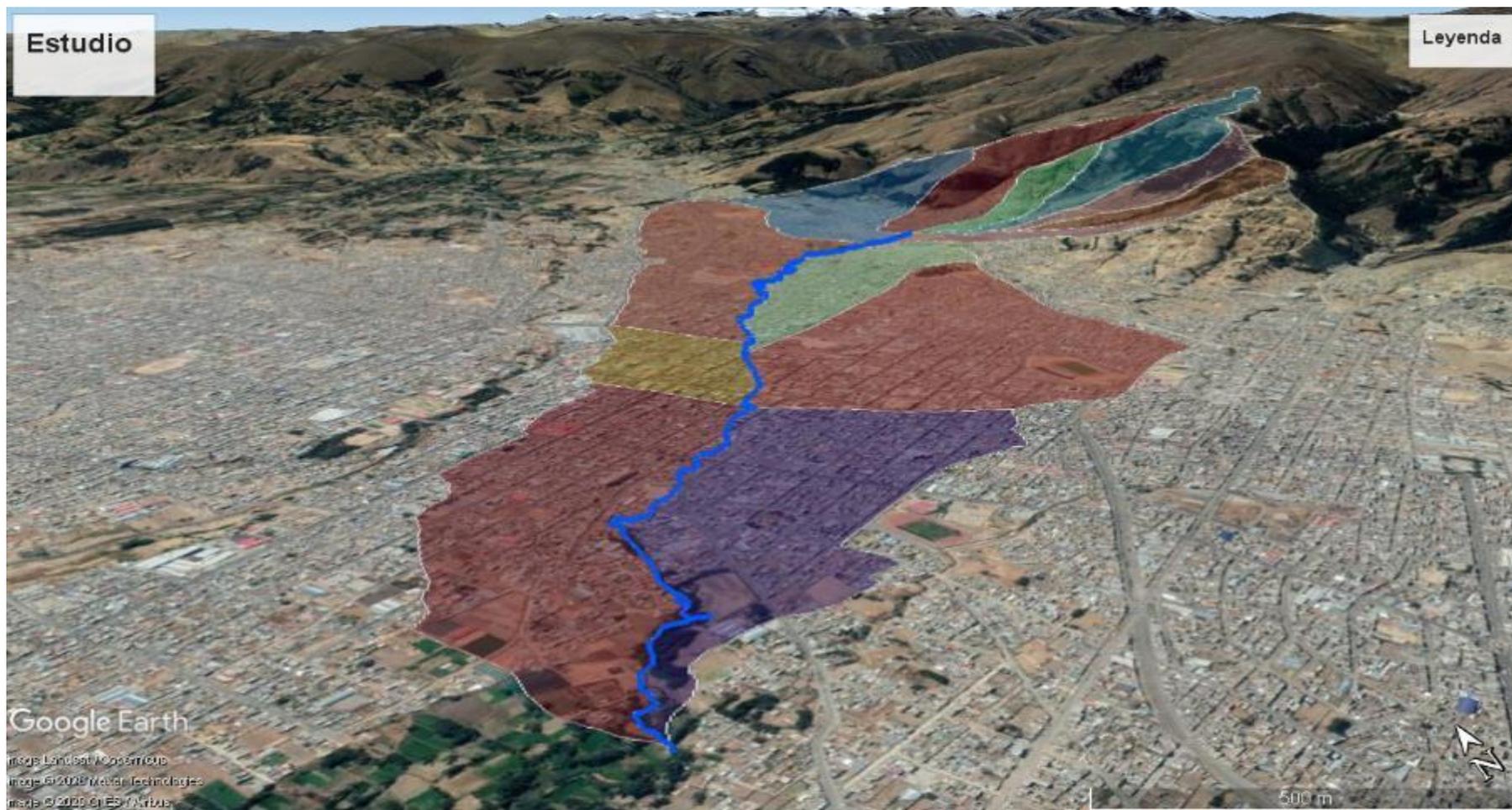
Tirante normal (y):	2.5888	m	Perímetro mojado (p):	7.5839	m
Área hidráulica (A):	8.9614	m ²	Radio hidráulico (R):	1.1816	m
Espejo de agua (T):	4.0847	m	Velocidad (v):	6.9855	m/s
Número de Froude (F):	1.5058		Energía específica (E):	5.0759	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Retorna al Menú principal 11:50 9/03/2020

Fuente: Elaboración Propia

Figura 50 Tramo de alcantarillado según delimitación.



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS

- En relación al objetivo específico 01: Determinar la relación entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo, según los resultados del estudio existe una relación directa y significativamente entre la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo.

En relación al río Florido nace como resultado de las precipitaciones, aguas residuales instaladas clandestinamente y luego de infiltraciones que se producen en las partes altas de la Cuenca; es un río esporádico ya que algunos meses del se encuentra seco. Además, la superficie del suelo es predominantemente arcillosa con escasa vegetación por lo que el escurrimiento superficial luego de una lluvia se concentra rápidamente en el lecho el río. Se obtiene una delimitación de la cuenca del río florido mediante el ASTER GDEM se encuentran en formato GeoTIFF con coordenadas geográficas Lat/Long, con resolución espacial de 12.5 metros, cuya Información disponible en el Geoservidor NASA que permitió obtener parámetros morfométricos de la cuenca.

El río florido pertenece a una cuenca muy pequeña S1 (Cuadro 1 y Figura 5), teniendo una longitud de cauce principal de la zona del estudio perteneciente a la sub cuenca S1 (Figura 6), teniendo un ancho de la cuenca de 1.067 km y obteniendo un caudal de aforo actual de $7.15 \frac{m^3}{Seg}$ insitu.

Como en este caso para motivos de diseño lo que interesa son los caudales máximos, los parámetros asociados a la forma de la cuenca debemos tener en cuenta que la pendiente del curso principal es 2.298%, lo que indica una rápida concentración de escurrimiento superficial, de acuerdo a nuestro índice de forma se considera muy alargadas, por lo que la concentración del escurrimiento hasta el punto de control (Intersección con Rio Chilca) es lento, (Tabla 1), de acuerdo al índice de compacidad pertenece a la clase III cuya forma de la cuenca es Oval – Oblonga a rectangular – Oblonga (Tabla 2), y pertenece a la cuenca alargadas según el coeficiente de circularidad, el tiempo de viaje del agua mayores, los picos de las crecidas son menos súbitos.

Los parámetros asociados a la forma del relieve, se tiene una cuenca de altitud más frecuente 3318.3 msnm donde está situada 27.54 % del área de la cuenca. La representación gráfica de la curva hipsométrica pertenece a un río viejo y a una cuenca sedimentaria (Figura 10). Con una pendiente de un índice de la velocidad media de la esorrentía y su bajo poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca.

Los parámetros asociados a la red de drenaje, teniendo un orden 2, teniendo una densidad muy baja (Tabla 3), siendo una cuenca regularmente drenada, como frecuencia de drenaje se clasificaría como textura media, con un coeficiente de torrencialidad baja y tiempo de concentración promedia 1.08 hrs (Anexo A.7)

- En relación al objetivo específico 02: Explicar los efectos de los eventos torrenciales en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de

Huancayo. Según los resultados del estudio se identificó los efectos producidos en la evacuación de las aguas pluviales se deben a: existencia de un sistema combinado, obsoleto e incompatible con el entorno urbano.

Según el Manual de Hidrología e Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014) recomienda contar con un mínimo de 25 años de registro que permita a partir de información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo de que los resultados sean confiables. En ese término utilizando los registros obtenidos por SENAMHI de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación (Anexo A.1), se identifica las máximas precipitaciones anuales, con una data de 28 años.

En los registros de muestran que en febrero del 2018 ocurrió una precipitación máxima 48 mm y un menor en 1992 con una precipitación máxima 16.8 mm (Cuadro 15), teniendo como ninguno datos dudosos (Cuadro 19), considerando los criterios de tamaño de la muestra del cuadro 18.

La prueba de bondad de ajuste, consiste en comprobar estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores registrados, (Anexo A.3). Con la comparación de la distribución teórica se consideró la distribución log normal 2 parámetro con una variación teórico 0.0917 que es más factible a nuestro estudio, logrando así una precipitación máxima de diseño (Cuadro 23).

Para la selección del Período de Retorno, se ha considerado de 500 años teniendo los criterios de falla admisible y la vida útil de la obra (Tabla 4).

La Precipitación Máxima de 24 horas de diseño, para $T_{500\text{años}} = 65.269$ mm y $T_{10\text{años}} = 44.488$ mm (Cuadro 25). Se acepta para cuencas urbanas, que las lluvias para un periodo de retorno generan caudales para el mismo periodo de retorno debido a su elevada impermeabilidad.

Teniendo una intensidad de precipitación, calculada por método de Dyck Peschke, logro valores de Intensidad de precipitación según duración de la misma y frecuencia de repetición (Cuadro 27) y así obteniendo la curva IDF para la zona de estudio (Gráfico 28).

Los parámetros de diseño por el método de los bloques alternados para $T_{500\text{años}}$, con intervalo de tiempo 5 min y la duración de tormenta de 3 hrs (Cuadro 29), se obtuvo una Precipitación Alternada (mm) como mínimo de 0.47 mm y máximo de 322.89 mm (Cuadro 30).

La intensidad de precipitación, calculada por método de Frederich Bell, logra estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima de 24 horas en un periodo de retorno relacionado de 10 años, los valores de Intensidad de precipitación según la duración de la misma y frecuencia de repetición (Cuadro 31) y así obteniendo la curva IDF para la zona de estudio (Gráfico 32).

Los parámetros de diseño por el método de los bloques alternados para $T_{500\text{años}}$, con intervalo de tiempo 5 min y la duración de tormenta de 3 hrs (Cuadro 33), se obtuvo una Precipitación Alternada (mm), como mínimo de 0.90 mm y máximo de 171.80 mm (Cuadro 34).

La norma OS.060 drenaje pluvial urbano proporciona datos para realizar la Curva IDF IILA-SENAMHI, para una duración de la tormenta de $t < 3$ horas.

Con los mismos procedimientos anteriores, se obtiene valores de Intensidad de precipitación según duración de la misma y frecuencia de repetición (Cuadro 35) y así obteniendo la curva IDF IILA-SENAMHI- UNI para la zona de estudio (Gráfico 42).

Con el método de los bloques alternados para periodo de retorno de 500 años, con intervalo de tiempo 5 min y la duración de tormenta de 3 hrs, así obteniendo Precipitación Alternada (mm) para T=500 años, mínimo de 1.39 mm y máximo de 4.21 mm (Cuadro 37). Se ha observado que los parámetros que recomienda utilizar para calcular las intensidades de lluvia dependen de las coordenadas de ubicación de las estaciones y de las zonas y sub zonas pluviométricas.

- En relación al objetivo específico 03: Determinar la relación entre el flujo de escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo. Según los resultados se determinó la relación directa y significativamente entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo

La obtención del número de curva CN para la cuenca urbana, se obtuvo a partir del catálogo de metadatos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El mapa de número de curva (CN) se obtuvo a partir cuatro datos de entrada, el Modelo Digital de Elevación (MDE), uso de suelo, suelo hidrológico (INRENA) y los valores de grupos hidrológicos SCS (1986) TR 55 (Tabla 8) para áreas urbanas. Luego fueron geo-procesadas obteniendo como resultado el mapa de número de curva para condiciones normales, (Plano 5 - Anexo).

Es así que para la obtención del Numero de Curva se usaron los valores medios de cada rango para luego lograr el promedio ponderado de 78.79 (Cuadro 39). También en Anexo A.9 se muestra el número de curva de las subcuencas en estudio, así como las áreas correspondientes a cada uno de ellos.

Los caudales máximos por método racional para el estudio, para periodo de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años es 12.82, 15.31, 17.5, 20.89, 23.88, 27.31 y $37.27 \frac{m^3}{Seg}$ respectivamente, los caudales máximos de diseño con el software HEC-HMS 0.90, 2.70, 5.30, 11.10, 18.00, 27.50 y $62.60 \frac{m^3}{Seg}$ en el aforo (Cuadro 40), usando formula de tiempo de concentración de kirpich y el hietograma de diseño de Dyck Peschke, debido a la determinación del valor R cuadrado que más se ajusta a la línea de tendencia polinómica. Además, nos muestra que la probabilidad de error es 0.1% (Anexo A.10).

En relación a los tramos del rio se pudo determinar diferentes caudales picos debido al aporte de las áreas y ubicación de los Junction. Además, con diferentes periodos de retornos para F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9 que forman el tramo del rio (Cuadro 42).

Considerando el caudal máximo de $62.6 \frac{m^3}{Seg}$ se realiza un pre dimensionamiento de la sección de una alcantarilla rectangular con Hcanales, con datos de ancho de solera 4.6 m., rugosidad de 0.016, una pendiente de 0.01 m/m y obteniendo un tirante normal de 2.060 m. y un área hidráulica de $9.476 m^2$. También se ha considerado una sección circular con un ancho de solera 4.2 m., rugosidad de 0.016, una pendiente de 0.01 m/m y obteniendo

un tirante normal de 2.588 m. y un área hidráulica de 9.476 m^2 , los cuales las dimensiones son similares al proyecto existente “canalización del río florido”.

CONCLUSIONES

1. El correcto manejo de herramientas computacionales para la modelación hidrológica e hidráulica permitió conseguir una interpretación del fenómeno más apegado a la realidad, donde se observa en distintos periodos de tiempo y con la utilización de diversos parámetros, tanto hidrológicos como hidráulicos, lo que ocurre en una tormenta. Presenta características únicas, por lo que la topografía del terreno, el tipo de suelo, la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones es el punto de partida para el diseño de la red, aplicando estos datos y a las condiciones de diseño establecidas por la norma O.S.060 Drenaje pluvial urbano, obtiene una propuesta más acorde a la realidad.
2. Los parámetros geomorfológicos obtenidos para la microcuenca del río florido, como principal caracterización fue delimitar las microcuencas tributarias, la aplicación del QGis como herramienta de análisis y al no contar con una batimetría del río se obtuvo a partir del DEM proporcionado por la NASA, obteniendo un área de cuenca delimitada a 9.073 Km^2 clasificándose de esta manera como cuenca pequeña, sin considerar los interflujos del Barrio Ocopilla que tributa al río Chilca, la CH. Villa Mercedes, CP. Cajas Chico Sector3, La Ribera y Urb. Bellavista que tributa al río Mantaro y cercanas a los ríos colindantes. Así mismo la longitud del cauce principal 5.96 km se asemeja mucho a la realidad como se observa en los planos y las fotografías de visita a campo mostrados en

el anexo, lo cual se considera aceptable. Otro parámetro de mucha importancia fue la elección de los números de curvas y se obtuvo, a partir de la tabla de valores (Tabla 8) como valores de CN Ponderada de 78.79 para la cuenca. Con una cota máxima 3978 msnm y mínimo de 3245 msnm. Siendo estos valores conservadores para fines de la presente tesis.

3. la estación hidrológica empleada fue de la estación Santa Ana, con datos de 28 años que fueron proporcionados por el SENAMHI de Huancayo. Se realizó previo una corrección de intervalo fijo a fin de obtener precipitaciones más cercanas a los valores reales y se incrementaron en 1.13. Asimismo, para determinar las precipitaciones máximas se utilizó los coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración de 24 horas (Valores recomendados por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje 2014). Las precipitaciones máximas en 24 Hrs con un periodo de retorno de 500 años empleando el software HIDROESTA es de 65.2688 mm. Se realizó la prueba de bondad de ajuste, que son sensibles a la función no paramétrica utilizada. La distribución de LogNormal de dos parámetros es recomendable debido al coeficiente de asimetría es cercano a cero. Para la construcción de las curvas IDF de la cuenca mediante análisis estadístico, por método de Dyck Peschke, Frederick Bell y a partir de IILA.SENAMHI 1983, este método no es recomendable debido a que no se ha actualizado este estudio (1983) además para la ubicación de las coordenadas en el mapa de zonas pluviométricas se tiene una incertidumbre muy alta. En esos términos se consideró el método indicado de Dyck Peschke debido a la determinación del valor R cuadrado que más

se ajusta a la línea de tendencia polinómica. El óptimo modelo, depende principalmente de la calidad del Hietograma del Proyecto. En esa medida se concluye con la metodología de los Bloques alternados, el aspecto de los Hietograma de la zona para la simulación.

4. El caudal de diseño por el método racional es muy usado para cuencas menores a 13 Km^2 , para un tiempo de retorno de 500 años su caudal de aforo de $37.27 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$. El modelamiento del sistema con el software HEC-HMS de la área delimitada y aplicando el método SCS, permitiendo determinar el escurrimiento producido por las precipitaciones máximas en 24 horas, según la transformación lluvia - escorrentía, los caudales calculados para diferentes periodos de retorno $\text{Tr} = 25$ años con caudal de $11.10 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$, $\text{Tr} = 50$ años con un caudal de $18.00 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$, $\text{Tr} = 100$ años con un caudal de $27.5 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$, y el caudal máximo extraordinario alcanzado para un periodo de retorno de 500 años es de $62.60 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$; mientras que por el método Frederick Bell con caudales máximos instantáneos tiene un caudal pico de $55.80 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$ ajustándose a la función de distribución Log Normal de 2 parámetros; de acuerdo a las estimaciones para la simulación hidráulica del río Florido, en ese sentido se tomaron el valor de caudal mayor. Por lo que se emplearán una alcantarilla con una sección adecuada y similar al proyecto de canalización del río florido, con un ancho de solera 4.6m y al tirante hidráulico 2.10m., en caso de una sección circular de un ancho de solera 4.2 m., y un tirante normal de 2.6 m.

ubicadas en el tramo considerado, siendo este un elemento de solución a la problemática del colapso.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar estudios hidrológicos e hidráulicos de mayor precisión en la determinación de áreas sujetas a inundaciones, en los lugares que se ven afectados. Así determinar la vulnerabilidad y zonificación de riesgos, es necesario hacer una recolección de información detallada sobre el área de amenaza.
- 2) Para datos de curva de nivel y geomorfología, se recomienda utilizar un DEM de mayor resolución tomados a partir de un levantamiento topográfico y/o en su defecto realizar una batimetría del cauce principal de la cuenca.
- 3) La municipalidad debe solucionar en lo posible el problema del colapso del sistema, al presentarse lluvias torrenciales y convirtiéndose en una situación repetitiva. Priorizar aspectos de drenaje, principalmente en zonas donde las concentraciones de agua, por bajas pendientes son rápidas y constituyen causas de Inundación.
- 4) El diseño de una estructura hidráulica debe ser una selección de la mejor alternativa en zonas de estudio, dependerá de la disponibilidad económica, por lo que la respuesta técnica, siempre debe ser a optimizar el comportamiento hidráulico de la red.
- 5) Por último, para conocer de manera más precisa el comportamiento de los escurrimientos superficial urbanos, se recomienda medir, monitorear y registrar datos que permitan cuantificar y describir las variables del ciclo

hidrológico: precipitación, escurrimiento, infiltración, evapotranspiración.

Para lograr este fin es necesaria la utilización de equipo especializado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrian R., G. (1997). La Transformación Lluvia-Caudal en Ambientes Rurales y Urbanos. En G. Adrian R., *Los Procesos Hidrológicos y el Modelado* (Vol. IV, págs. 69 - 87). Rosario, Argentina.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie* (Vol. I). (G. N. EDITORES, Ed.) Mexico, D.F.: LIMUSA S.A. de C.V.
- Aranda, R. L. (2009). *Simulación Continua de Lluvia para el Diseño de Sistema de drenaje Urbano*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1352>
- Breña, A. F., & Jacobo, M. A. (2006). *Principio y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Tlalpan, D.F. México. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Campos, D. F. (1992). *Proceso del Ciclo Hidrológico* (Vol. II). San Luis de Potosí, S.L.P., Mexico. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Chagua, J. Z. (2018). *Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS*. Lima, Peru. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13180>
- Chereque, W. (2003). *Hidrología* (Vol. II). Lima, Peru. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada* (MCMLXXVII ed.). (M. E. Suarez, Ed., & J. G. Saldarriaga, Trad.) Santafé, Bogota, Colombia: NOMOS S.A. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Conida. (19 de Febrero de 2018). Presentación Geomatica. pág. 1. Obtenido de <http://www.conida.gob.pe/index.php/Geomatica/presentacion-geomatica.html>

- Flores, A. P. (2016). *Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de las Asociaciones Pro Vivienda 28 de Julio, Kantu, Villa Mercedes y Vista Alegre – Cusco*. Cuzco, Peru. Obtenido de <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/701>
- Franquet, J. M. (2003). *Cinco temas de Hidrología e Hidráulica* (Vol. I). Tortosa, Catalunya, España. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Gámez, W. R. (2009). *Texto Básico de Hidrología* (1a ed.). Managua, Nicaragua: Editronic, S.A. Obtenido de <https://civilarq.com>
- García, I. D. (2016). *Aplicación de un Modelo Hidrológico para Simular el Comportamiento de una Microcuenca Urbana en la Ciudad de Ocaña, que Afectan las Áreas Bajas de los Barrios Sesquicentenarios, las Llanadas y la Circunvalar*. Ocaña, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1466>
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* (Primera ed.). La Plata, Argentina: Universidad de La Plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (19 de Diciembre de 2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS, IV*. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25777>
- Gómez Bastar, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. (E. Buendía López, Ed.) Tlalnepantla, México. Obtenido de https://utecno.files.wordpress.com/2019/01/metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Guevarra, E., & Cartaya, H. (1991). *Hidrología: una introducción a la ciencia hidrológica aplicada*. Valencia, Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). (J. Mares Chacon, Ed.) México D.F.: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de www.FreeLibros.com
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación* (1a ed.). Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial.
- Javeriano, C. d. (2019). *Normas APA Sexta Edición* (Actualizada ed.). Colombia. Obtenido de

https://www.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/normas_apa_revisada_y_actualizada_mayo_2019.pdf

- Jimenez, D. J. (Febrero de 2009). Modelaje de un Sistema Urbano de Alcantarillado Pluvial en el Área de Drenaje de los Esteros Miraflores y Represado, Ciudad de Guayaquil. *CiCyt*, 1- 8. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28791640_Modelaje_De_Un_Sistema_Urbano_De_Alcantarillado_Pluvial_En_El_Area_De_Drenaje_De_Los_Esteros_Miraflores_Y_Represado_Ciudad_De_Guayaquil
- Jimenez, G. (2007). *Topografía para Ingenieros Civiles*. Armenia. Obtenido de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/topografa-para-ingenieros-civiles>
- Mamani, H. (2014). *Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri - Puno* (Vol. I). Puno, Peru. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5450>
- Mendoza, E. B., Aldana, S. E., & Castolo, C. (30 de Julio de 2017). Modelación Hidrológica e Hidráulica del Manejo de las Aguas Pluviales Urbanas en la Parte Alta de la Subcuenca del Río San Juan de Dios, Guadalajara, Jalisco. *LatinRev(2)*, 1- 12. Obtenido de <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx/index.php/rv/article/view/22>
- MTC. (2018). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima, Peru. Obtenido de <http://emiliocastilloaroni.blogspot.com/2015/04/manual-de-hidrologia-hidraulica-y.html>
- MVCS. (2017). *Drenaje Pluvial Urbano*. Lima, Peru. Obtenido de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=4244>
- Ordoñez, J. (2011,c.h.). *Cuenca Hidrografica* (Primera ed.). (Z. I. Novoa Goicochea, Ed.) Lima, Peru: Sociedad Geografica del Lima. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- Ordoñez, J. J. (2011b). *Balance Hidrico Superficial* (Primera ed., Vol. I). (Z. I. Novoa Goicochea, Ed.) Lima, Peru: Sociedad Geográfica de Lima. Obtenido de http://directorio.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do;jsessionid=8d099049e21954a1910378ca2d72?id_investigador=3039
- Ordoñez, J. J. (2011c). *Ciclo Hidrologico* (Primera ed., Vol. I). (Z. I. Novoa Goicochea, Ed.) Lima, Peru: Sociedad Geográfica de Lima. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf

- Peña, M., & Oseda, D. (2012). El Marco Teorico Según el Estilo APA. En A. A. Psychological, *Publication Manual Sixth Edition* (Seccion N° 01 Capitulo I ed.). Lima, Peru. Obtenido de <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-1-EL%20MARCO%20TEORICO%20SEGUN%20EL%20ESTILO%20APA.pdf>
- Perez, G. B., & Rodriguez, A. (2009). *Hidrología Superficial*. Ayacucho, Peru. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Puelles, J. C. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes...* Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620953>
- Rojas, S. (2018). *Cálculo de Precipitaciones y Caudales de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano en Zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho*. Lima, Peru. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10192>
- Varona , M. (2018). *Modelo hidrológico de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos usando Hec-Hms* (Vol. I). Piura, Peru. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3629>
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (II ed.). Lima, Peru: Villón. Obtenido de <https://civilarq.com>
- Zavala, S. (2009). Guía a la redacción en el estilo. En A. P. Association, *Publication Manual Sixth Edition* (págs. 1 - 12). España. Obtenido de https://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/guia_estilo_apa.pdf

ANEXO

Matriz de consistencia

MODELAMIENTO HIDRAULICO DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION EN LA EVACUACION DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general ¿De qué manera se relaciona el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo?</p> <p>Problemas específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Qué relación existe entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo? ¿Por qué los eventos torrenciales producen efectos en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo? ¿Cuál es la relación que se da entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo? 	<p>Objetivo general Determinar la relación entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la relación entre geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo. Explicar los efectos de los eventos torrenciales en la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo. Determinar la relación entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo. 	<p>Antecedentes Internacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> (García 2016) en su tesis <i>“Aplicación de un Modelo Hidrológico para Simular el comportamiento de una Microcuenca Urbana en la Ciudad de Ocaña, que Afectan las Áreas Bajas de los Barrios Sesquicentenarios, las Llanadas y la Circunvalar”</i> de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña de Colombia. (Alejandro, 2016) en su tesis titulado <i>“Modificaciones en el riesgo de inundación fluvial debido al desarrollo urbano junto a ríos de llanura. Estudio de caso: la ciudad de Gualaguaychú”</i> de la Universidad Nacional del Litoral. (Cabrera, 2017) en su tesis titulado <i>“Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS”</i> de la Universidad de Cuenca. (Rendón, 2013) en su tesis <i>“Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca”</i> de la Universidad Politécnica de Catalunya, (Aranda 2009) en su tesis <i>“Simulación Continua de Lluvias para el Diseño de Sistemas de Drenaje Urbano”</i> de la Pontificia universidad católica de Chile. <p>Antecedentes Nacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> (Chagua, 2018) en su tesis titulado <i>“Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS”</i> de la Pontificia Universidad Católica Del Perú. (Mamani, 2014) en su tesis titulado <i>“Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri - Puno”</i> de la Universidad Nacional del Altiplano. (Varona, 2018) en su tesis titulado <i>“Modelo hidrológico de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos usando Hec-Hms”</i> de la Universidad de Piura (Puelles, 2015) en su tesis titulado <i>“Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos Hec-Hms y Hec-Georas”</i> de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Rojas (2018) en su tesis; <i>“Cálculo de Precipitaciones y Caudales de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano en Zonas De Huancavelica, Junín y Ayacucho”</i> de Pontificia Universidad Católica de Perú. 	<p>Hipótesis general Existe una relación directa y significativamente entre el modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación con la evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Huancayo.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ol style="list-style-type: none"> Existe una relación directa y significativamente entre la geomorfología de la cuenca urbana y la evacuación de las aguas pluviales dentro de la ciudad de Huancayo. Los efectos producidos en la evacuación de las aguas pluviales se deben a: existencia de un sistema combinado, obsoleto e incompatible con el entorno urbano. Existe una relación directa y significativamente entre el flujo de Escorrentía y la evacuación de las aguas pluviales que han generado problemática en la ciudad de Huancayo. 	<p>Variable Independiente: Modelamiento hidráulico de la intensidad de precipitación. (Adrian R., Gerardo, 1997)</p> <p>Dimensiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> geomorfología de la cuenca urbana. Eventos torrenciales. Flujo de Escorrentía. <p>Variable dependiente: Evacuación de las aguas pluviales (Adrian R., Gerardo, 1997) (Ingeniería Sanitaria y Ambiental, s.f.)</p> <p>Dimensiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> Cuerpo Receptor. Flujo del Sistema. 	<p>Método: Inductivo - Deductivo Tipo: Aplicado. Nivel: Descriptivo - Correlacional Diseño: No Experimental. Población Corresponde la cuenca del rio Florido perteneciente a la cuenca urbana de la ciudad de Huancayo. Muestra Es las Intensidad de precipitación y caudales dentro del micro cuenca del rio florido. Técnicas e instrumentos de recolección de datos registro hidrometeorológicos, donde se considerará las fichas bibliográficas, la normativa y otros Técnicas Datos de precipitaciones máximas, periodo de retorno, curvas masas, cuenca hidrográfica y caudal. Usando la técnica de estadísticas no paramétrica. Instrumento Guía de observación. Registro de Observación. Registro de análisis datos hidrometeorológicos. Guía de revisión documental. Instrumentos de recolección en campo Programas para el procesamiento de datos</p>

Ingeniería del Proyecto

A. 1 Registro de precipitación máxima 24 Hrs, "SANTA ANA"



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU'
Dirección Regional de Junin

ESTACION: **SANTA ANA** LATITUD : 12°00'15.0" Este **475959.638** DPTO Junín
 N° **112083** LONGITUD : 75°13'15'.0" Norte **8672960,74** PROV Huancayo
 CATEGORIA: **MAP** ALTITUD : **3295** msnm DIST El Tambo

Parámetro: Precipitación máxima en 24 horas Periodo: 1992-2019

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1992	S/D	14.4	7.4	8.5	3.4	7.4	2.0	6.0	6.6	16.8	14.1	9.3	16.8
1993	10.8	17.8	14.4	23.6	15.8	1.8	2.0	10.6	9.6	5.0	11.4	10.0	23.6
1994	25.0	10.8	17.0	9.6	9.0	6.0	0.0	4.2	3.3	8.6	8.7	9.8	25.0
1995	14.0	12.8	12.5	6.0	5.4	1.5	3.0	5.7	4.3	22.5	18.5	36.6	36.6
1996	32.5	8.3	18.6	33.3	3.8	1.0	0.0	1.0	12.6	15.4	15.3	14.1	33.3
1997	18.0	21.9	9.0	11.1	2.2	2.1	2.4	5.6	11.4	16.5	16.2	30.3	30.3
1998	35.5	31.5	8.8	21.2	6.8	5.7	0.0	3.2	12.8	18.2	13.0	12.6	35.5
1999	11.5	22.9	11.6	7.2	1.6	10.9	7.8	2.8	12.2	25.8	20.4	21.4	25.8
2000	19.2	22.1	19.0	14.5	5.8	1.8	6.0	7.7	2.6	11.1	10.1	18.0	22.1
2001	14.9	19.9	20.5	14.9	4.7	0.8	3.2	2.5	13.0	26.4	13.0	29.9	29.9
2002	11.2	17.2	21.3	7.5	4.7	0.7	10.4	7.6	16.7	16.7	23.4	20.8	23.4
2003	15.0	19.3	29.0	24.0	11.8	0.0	0.5	9.4	12.1	11.2	25.2	23.0	29.0
2004	20.0	33.5	14.7	9.3	3.7	6.5	6.7	3.2	17.5	13.4	20.9	21.3	33.5
2005	12.3	20.8	18.8	14.6	1.9	11.9	2.9	0.4	4.4	24.3	17.3	33.9	33.9
2006	25.5	14.0	13.2	6.7	0.7	3.6	5.1	4.9	14.5	10.0	22.2	33.2	33.2
2007	18.7	9.4	32.2	11.5	5.4	0.0	2.5	8.2	6.2	13.7	15.9	17.0	32.2
2008	25.0	8.4	8.8	18.5	3.8	8.9	0.0	3.4	3.4	39.0	17.5	16.4	39.0
2009	14.5	14.4	19.4	31.1	11.8	0.9	3.3	18.8	16.4	7.7	27.5	22.3	31.1
2010	22.0	36.4	25.0	15.0	0.4	1.7	19.2	4.5	2.4	17.5	12.7	29.1	36.4
2011	30.0	34.0	36.5	19.0	2.7	0.0	5.2	1.5	17.0	15.2	17.0	23.3	36.5
2012	15.3	23.9	10.7	15.8	14.5	10.9	0.0	1.5	15.1	8.6	10.0	23.8	23.9
2013	25.5	12.6	10.3	15.9	6.0	1.6	2.9	20.4	11.6	9.6	10.5	19.1	25.5
2014	28.7	16.5	33.0	23.2	13.0	0.3	1.8	13.0	40.8	12.0	32.7	14.4	40.8
2015	12.9	19.8	17.0	11.6	10.5	7.0	5.3	6.0	21.7	17.3	14.8	17.4	21.7
2016	20.5	23.3	18.0	17.5	5.6	0.0	0.8	2.4	18.0	10.0	18.1	23.1	23.3
2017	17.5	22.5	26.4	31.3	4.0	0.6	0.0	1.7	31.5	18.7	29.4	16.0	31.5
2018	28.5	48.0	27.4	5.4	21.5	2.3	2.2	5.2	16.6	18.0	21.0	21.0	48.0
2019	23.7	20.0	13.3	5.5	4.2	0.0	6.4	4.1	13.1	15.9	17.7	21.0	23.7
MAX	35.5	48.0	36.5	33.3	21.5	11.9	19.2	20.4	40.8	39.0	32.7	36.6	

Fuente: SENAMHI

A. 2 Análisis de los datos de precipitación máxima 24 Hrs, "SANTA ANA"

Año	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	PP MAX
1992	S/D	14.40	7.40	8.50	3.40	7.40	2.00	6.00	6.60	16.80	14.10	9.30	16.80 (Oct)
1993	10.80	17.80	14.40	23.60	15.80	1.80	2.00	10.60	9.60	5.00	11.40	10.00	23.60 (Abr)
1994	25.00	10.80	17.00	9.60	9.00	6.00	0.00	4.20	3.30	8.60	8.70	9.80	25.00 (Ene)
1995	14.00	12.80	12.50	6.00	5.40	1.50	3.00	5.70	4.30	22.50	18.50	36.60	36.60 (Dic)
1996	32.50	8.30	18.60	33.30	3.80	1.00	0.00	1.00	12.60	15.40	15.30	14.10	33.30 (Abr)
1997	18.00	21.90	9.00	11.10	2.20	2.10	2.40	5.60	11.40	16.50	16.20	30.30	30.30 (Dic)
1998	35.50	31.50	8.80	21.20	6.80	5.70	0.00	3.20	12.80	18.20	13.00	12.60	35.50 (Ene)
1999	11.50	22.90	11.60	7.20	1.60	10.90	7.80	2.80	12.20	25.80	20.40	21.40	25.80 (Oct)
2000	19.20	22.10	19.00	14.50	5.80	1.80	6.00	7.70	2.60	11.10	10.10	18.00	22.10 (Feb)
2001	14.90	19.90	20.50	14.90	4.70	0.80	3.20	2.50	13.00	26.40	13.00	29.90	29.90 (Dic)
2002	11.20	17.20	21.30	7.50	4.70	0.70	10.40	7.60	16.70	16.70	23.40	20.80	23.40 (Nov)
2003	15.00	19.30	29.00	24.00	11.80	0.00	0.50	9.40	12.10	11.20	25.20	23.00	29.00 (Mar)
2004	20.00	33.50	14.70	9.30	3.70	6.50	6.70	3.20	17.50	13.40	20.90	21.30	33.50 (Feb)
2005	12.30	20.80	18.80	14.60	1.90	11.90	2.90	0.40	4.40	24.30	17.30	33.90	33.90 (Dic)
2006	25.50	14.00	13.20	6.70	0.70	3.60	5.10	4.90	14.50	10.00	22.20	33.20	33.20 (Dic)
2007	18.70	9.40	32.20	11.50	5.40	0.00	2.50	8.20	6.20	13.70	15.90	17.00	32.20 (Mar)
2008	25.00	8.40	8.80	18.50	3.80	8.90	0.00	3.40	3.40	39.00	17.50	16.40	39.00 (Oct)
2009	14.50	14.40	19.40	31.10	11.80	0.90	3.30	18.80	16.40	7.70	27.50	22.30	31.10 (Abr)
2010	22.00	36.40	25.00	15.00	0.40	1.70	19.20	4.50	2.40	17.50	12.70	29.10	36.40 (Feb)
2011	30.00	34.00	36.50	19.00	2.70	0.00	5.20	1.50	17.00	15.20	17.00	23.30	36.50 (Mar)
2012	15.30	23.90	10.70	15.80	14.50	10.90	0.00	1.50	15.10	8.60	10.00	23.80	23.90 (Feb)
2013	25.50	12.60	10.30	15.90	6.00	1.60	2.90	20.40	11.60	9.60	10.50	19.10	25.50 (Ene)
2014	28.70	16.50	33.00	23.20	13.00	0.30	1.80	13.00	40.80	12.00	32.70	14.40	40.80 (Sep)
2015	12.90	19.80	17.00	11.60	10.50	7.00	5.30	6.00	21.70	17.30	14.80	17.40	21.70 (Sep)
2016	20.50	23.30	18.00	17.50	5.60	0.00	0.80	2.40	18.00	10.00	18.10	23.10	23.30 (Feb)
2017	17.50	22.50	26.40	31.30	4.00	0.60	0.00	1.70	31.50	18.70	29.40	16.00	31.50 (Sep)
2018	28.50	48.00	27.40	5.40	21.50	2.30	2.20	5.20	16.60	18.00	21.00	21.00	48.00 (Feb)
2019	23.70	20.00	13.30	5.50	4.20	0.00	6.40	4.10	13.12	15.90	17.66	21.00	23.70 (Ene)
PROM	20.30	20.59	18.35	15.48	6.60	3.43	3.63	5.91	13.12	15.90	17.66	21.00	30.20
DESV. ESTA.	6.98	9.23	8.01	8.03	5.09	3.77	4.07	4.90	8.52	7.08	6.05	7.32	6.97
MAXIMO	35.50	48.00	36.50	33.30	21.50	11.90	19.20	20.40	40.80	39.00	32.70	36.60	48.00
MINIMO	10.80	8.30	7.40	5.40	0.40	0.00	0.00	0.40	2.40	5.00	8.70	9.30	16.80
Nº DATOS	27.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00

Fuente: modificado según datos de SENAMHI

A. 3 Resultados obtenidos de distribución teórico con software HIDROESTA

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	16.8
2	23.6
3	25.0
4	36.6
5	33.3
6	30.3
7	35.5
8	25.8
9	22.1
10	29.9
11	23.4
12	29.0
13	33.5
14	33.9
15	33.2
16	32.2
17	39.0
18	31.1
19	36.4
20	36.5
21	23.9
22	25.5
23	40.8
24	21.7
25	23.3
26	31.5
27	48.0
28	23.7

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0115	0.0636	0.0230
2	21.7	0.0690	0.0967	0.1980	0.0277
3	22.1	0.1034	0.1096	0.2123	0.0062
4	23.3	0.1379	0.1547	0.2575	0.0167
5	23.4	0.1724	0.1588	0.2614	0.0136
6	23.6	0.2069	0.1673	0.2692	0.0396
7	23.7	0.2414	0.1716	0.2732	0.0697
8	23.9	0.2759	0.1805	0.2812	0.0954
9	25.0	0.3103	0.2330	0.3260	0.0773
10	25.5	0.3448	0.2589	0.3468	0.0860
11	25.8	0.3793	0.2749	0.3594	0.1044
12	29.0	0.4138	0.4599	0.4945	0.0461
13	29.9	0.4483	0.5130	0.5314	0.0647
14	30.3	0.4828	0.5362	0.5475	0.0534
15	31.1	0.5172	0.5816	0.5791	0.0644
16	31.5	0.5517	0.6037	0.5945	0.0520
17	32.2	0.5862	0.6410	0.6208	0.0548

18	33.2	0.6207	0.6912	0.6567	0.0705
19	33.3	0.6552	0.6960	0.6602	0.0408
20	33.5	0.6897	0.7055	0.6671	0.0158
21	33.9	0.7241	0.7239	0.6807	0.0003
22	35.5	0.7586	0.7901	0.7315	0.0315
23	36.4	0.7931	0.8221	0.7576	0.0290
24	36.5	0.8276	0.8254	0.7604	0.0021
25	36.6	0.8621	0.8287	0.7632	0.0333
26	39.0	0.8966	0.8944	0.8228	0.0021
27	40.8	0.9310	0.9290	0.8595	0.0020
28	48.0	0.9655	0.9888	0.9500	0.0233

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1044, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:
Parámetro de forma (gamma)= 19.3755
Parámetro de escala (beta)= 1.5585

Con momentos lineales:
Parámetro de forma (gammal)= 9.4072
Parámetro de escala (betal)= 3.2099

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0153	0.0166	0.0192
2	21.7	0.0690	0.1030	0.1064	0.0340
3	22.1	0.1034	0.1158	0.1193	0.0123
4	23.3	0.1379	0.1597	0.1635	0.0218
5	23.4	0.1724	0.1638	0.1676	0.0086
6	23.6	0.2069	0.1720	0.1758	0.0349
7	23.7	0.2414	0.1762	0.1800	0.0651
8	23.9	0.2759	0.1848	0.1886	0.0910
9	25.0	0.3103	0.2357	0.2393	0.0746
10	25.5	0.3448	0.2608	0.2642	0.0841
11	25.8	0.3793	0.2763	0.2796	0.1030
12	29.0	0.4138	0.4563	0.4577	0.0425
13	29.9	0.4483	0.5084	0.5091	0.0602
14	30.3	0.4828	0.5313	0.5316	0.0486
15	31.1	0.5172	0.5763	0.5759	0.0590
16	31.5	0.5517	0.5981	0.5975	0.0464
17	32.2	0.5862	0.6353	0.6342	0.0491
18	33.2	0.6207	0.6855	0.6838	0.0648
19	33.3	0.6552	0.6903	0.6886	0.0352
20	33.5	0.6897	0.6998	0.6980	0.0102
21	33.9	0.7241	0.7183	0.7163	0.0058
22	35.5	0.7586	0.7853	0.7827	0.0267

23	36.4	0.7931	0.8179	0.8151	0.0248
24	36.5	0.8276	0.8213	0.8184	0.0063
25	36.6	0.8621	0.8246	0.8218	0.0374
26	39.0	0.8966	0.8919	0.8891	0.0046
27	40.8	0.9310	0.9275	0.9250	0.0035
28	48.0	0.9655	0.9890	0.9881	0.0235

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.10305, es menor que el delta tabular 0.257. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= -6.2318

Parámetro de forma (gamma)= 27.3443

Parámetro de escala (beta)= 1.3322

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_{0l})= -6.1917

Parámetro de forma (gamma_l)= 26.5409

Parámetro de escala (beta_l)= 1.371

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0013	0.0029	0.0331
2	21.7	0.0690	0.0683	0.0839	0.0006
3	22.1	0.1034	0.0827	0.0992	0.0208
4	23.3	0.1379	0.1355	0.1535	0.0024
5	23.4	0.1724	0.1406	0.1586	0.0319
6	23.6	0.2069	0.1509	0.1689	0.0560
7	23.7	0.2414	0.1562	0.1742	0.0852
8	23.9	0.2759	0.1670	0.1850	0.1088
9	25.0	0.3103	0.2319	0.2485	0.0785
10	25.5	0.3448	0.2637	0.2792	0.0811
11	25.8	0.3793	0.2833	0.2980	0.0960
12	29.0	0.4138	0.4967	0.5006	0.0829
13	29.9	0.4483	0.5527	0.5536	0.1044
14	30.3	0.4828	0.5765	0.5761	0.0937
15	31.1	0.5172	0.6216	0.6191	0.1044
16	31.5	0.5517	0.6430	0.6395	0.0912
17	32.2	0.5862	0.6782	0.6733	0.0920
18	33.2	0.6207	0.7240	0.7174	0.1033
19	33.3	0.6552	0.7283	0.7215	0.0731
20	33.5	0.6897	0.7367	0.7296	0.0470
21	33.9	0.7241	0.7528	0.7453	0.0287
22	35.5	0.7586	0.8094	0.8007	0.0508
23	36.4	0.7931	0.8360	0.8271	0.0428
24	36.5	0.8276	0.8387	0.8298	0.0111
25	36.6	0.8621	0.8414	0.8325	0.0207

26	39.0	0.8966	0.8949	0.8864	0.0016
27	40.8	0.9310	0.9234	0.9158	0.0076
28	48.0	0.9655	0.9790	0.9753	0.0135

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1088, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 27.0612

Parámetro de escala (alfa)= 5.4316

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ)= 26.8935

Parámetro de escala (alfa)= 5.7221

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0000	0.0000	0.0345
2	21.7	0.0690	0.0513	0.0662	0.0177
3	22.1	0.1034	0.0681	0.0845	0.0354
4	23.3	0.1379	0.1337	0.1528	0.0042
5	23.4	0.1724	0.1401	0.1592	0.0323
6	23.6	0.2069	0.1532	0.1723	0.0537
7	23.7	0.2414	0.1599	0.1790	0.0815
8	23.9	0.2759	0.1736	0.1926	0.1022
9	25.0	0.3103	0.2544	0.2713	0.0559
10	25.5	0.3448	0.2929	0.3080	0.0520
11	25.8	0.3793	0.3160	0.3301	0.0633
12	29.0	0.4138	0.5447	0.5461	0.1309
13	29.9	0.4483	0.5981	0.5967	0.1499
14	30.3	0.4828	0.6201	0.6175	0.1373
15	31.1	0.5172	0.6608	0.6563	0.1435
16	31.5	0.5517	0.6795	0.6742	0.1278
17	32.2	0.5862	0.7099	0.7034	0.1237
18	33.2	0.6207	0.7484	0.7406	0.1277
19	33.3	0.6552	0.7520	0.7441	0.0968
20	33.5	0.6897	0.7589	0.7508	0.0693
21	33.9	0.7241	0.7722	0.7638	0.0481
22	35.5	0.7586	0.8180	0.8088	0.0594
23	36.4	0.7931	0.8393	0.8299	0.0462
24	36.5	0.8276	0.8415	0.8321	0.0140
25	36.6	0.8621	0.8437	0.8342	0.0184
26	39.0	0.8966	0.8869	0.8777	0.0097
27	40.8	0.9310	0.9105	0.9019	0.0206
28	48.0	0.9655	0.9622	0.9565	0.0033

Ajuste con momentos ordinarios:

 Como el delta teórico 0.1499, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

 Parámetros de la distribución logGumbel:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de posición (μ)= 3.2762
 Parámetro de escala (alfa)= 0.1827

Con momentos lineales:
 Parámetro de posición (μ_l)= 3.2702
 Parámetro de escala (alfal)= 0.1931

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0084	0.0091	0.0261
2	21.7	0.0690	0.0970	0.0997	0.0280
3	22.1	0.1034	0.1111	0.1139	0.0076
4	23.3	0.1379	0.1598	0.1628	0.0219
5	23.4	0.1724	0.1643	0.1672	0.0081
6	23.6	0.2069	0.1734	0.1764	0.0335
7	23.7	0.2414	0.1781	0.1810	0.0633
8	23.9	0.2759	0.1876	0.1905	0.0883
9	25.0	0.3103	0.2436	0.2463	0.0667
10	25.5	0.3448	0.2708	0.2733	0.0740
11	25.8	0.3793	0.2876	0.2899	0.0917
12	29.0	0.4138	0.4755	0.4758	0.0617
13	29.9	0.4483	0.5275	0.5272	0.0792
14	30.3	0.4828	0.5500	0.5494	0.0672
15	31.1	0.5172	0.5936	0.5925	0.0764
16	31.5	0.5517	0.6146	0.6133	0.0629
17	32.2	0.5862	0.6500	0.6482	0.0637
18	33.2	0.6207	0.6970	0.6948	0.0763
19	33.3	0.6552	0.7014	0.6992	0.0463
20	33.5	0.6897	0.7102	0.7079	0.0206
21	33.9	0.7241	0.7273	0.7249	0.0032
22	35.5	0.7586	0.7886	0.7858	0.0300
23	36.4	0.7931	0.8182	0.8152	0.0250
24	36.5	0.8276	0.8212	0.8183	0.0064
25	36.6	0.8621	0.8243	0.8213	0.0378
26	39.0	0.8966	0.8855	0.8826	0.0111
27	40.8	0.9310	0.9185	0.9159	0.0125
28	48.0	0.9655	0.9816	0.9805	0.0161

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0917, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

 Parámetros de la distribución logNormal:

 Con momentos ordinarios:
 Parámetro de escala (μ_y)= 3.3817
 Parámetro de forma (S_y)= 0.2344

Con momentos lineales:
 Parámetro de escala (μ_{yl})= 3.3817
 Parámetro de forma (S_{yl})= 0.2372

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	16.8	0.0345	-2.1398	0.0162	0.0183
2	21.7	0.0690	-1.2847	0.0994	0.0305
3	22.1	0.1034	-1.2179	0.1116	0.0082
4	23.3	0.1379	-1.0201	0.1538	0.0159
5	23.4	0.1724	-1.0038	0.1577	0.0147
6	23.6	0.2069	-0.9713	0.1657	0.0412
7	23.7	0.2414	-0.9550	0.1698	0.0716
8	23.9	0.2759	-0.9226	0.1781	0.0978
9	25.0	0.3103	-0.7463	0.2278	0.0826
10	25.5	0.3448	-0.6671	0.2524	0.0925
11	25.8	0.3793	-0.6199	0.2677	0.1116
12	29.0	0.4138	-0.1291	0.4486	0.0348
13	29.9	0.4483	0.0048	0.5019	0.0536
14	30.3	0.4828	0.0638	0.5254	0.0427
15	31.1	0.5172	0.1807	0.5717	0.0545
16	31.5	0.5517	0.2387	0.5943	0.0426
17	32.2	0.5862	0.3394	0.6328	0.0466
18	33.2	0.6207	0.4815	0.6849	0.0642
19	33.3	0.6552	0.4956	0.6899	0.0348
20	33.5	0.6897	0.5238	0.6998	0.0101
21	33.9	0.7241	0.5799	0.7190	0.0051
22	35.5	0.7586	0.8012	0.7885	0.0299
23	36.4	0.7931	0.9237	0.8222	0.0291
24	36.5	0.8276	0.9372	0.8257	0.0019
25	36.6	0.8621	0.9507	0.8291	0.0329
26	39.0	0.8966	1.2696	0.8979	0.0013
27	40.8	0.9310	1.5024	0.9335	0.0025
28	48.0	0.9655	2.3846	0.9915	0.0259

 Ajuste con momentos ordinarios:

 Como el delta teórico 0.1116, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

 Parámetros de la distribución lognormal:

 Parámetro de posición (x_0)= -40.0265
 Parámetro de escala (μ_y)= 4.247
 Parámetro de forma (S_y)= 0.0967

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0000	0.0046	0.0345
2	21.7	0.0690	0.0000	0.0942	0.0690
3	22.1	0.1034	0.0000	0.1096	0.1034
4	23.3	0.1379	0.0000	0.1630	0.1379
5	23.4	0.1724	0.0000	0.1679	0.1724
6	23.6	0.2069	0.0000	0.1778	0.2069
7	23.7	0.2414	0.0000	0.1829	0.2414
8	23.9	0.2759	0.0000	0.1933	0.2759
9	25.0	0.3103	0.0000	0.2538	0.3103
10	25.5	0.3448	0.0000	0.2828	0.3448
11	25.8	0.3793	0.0000	0.3006	0.3793
12	29.0	0.4138	0.0000	0.4930	0.4138
13	29.9	0.4483	0.0000	0.5442	0.4483
14	30.3	0.4828	0.0000	0.5661	0.4828
15	31.1	0.5172	0.0000	0.6081	0.5172
16	31.5	0.5517	0.0000	0.6281	0.5517
17	32.2	0.5862	0.0000	0.6616	0.5862
18	33.2	0.6207	0.0000	0.7056	0.6207
19	33.3	0.6552	0.0000	0.7098	0.6552
20	33.5	0.6897	0.0000	0.7180	0.6897
21	33.9	0.7241	0.0000	0.7338	0.7241
22	35.5	0.7586	0.0000	0.7903	0.7586
23	36.4	0.7931	0.0000	0.8175	0.7931
24	36.5	0.8276	0.0000	0.8203	0.8276
25	36.6	0.8621	0.0000	0.8231	0.8621
26	39.0	0.8966	0.0000	0.8795	0.8966
27	40.8	0.9310	0.0000	0.9105	0.9310
28	48.0	0.9655	0.0000	0.9739	0.9655

Ajuste con momentos ordinarios:

Los parámetros: X_0 , γ y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3

Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= 5.5359

Parámetro de forma (γ)= 84.493

Parámetro de escala (β)= -0.0255

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_0)= 1.549

Parámetro de forma (γ)= 59.4305

Parámetro de escala (β)= 0.0308

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	16.8	0.0345	0.0272	0.0284	0.0072
2	21.7	0.0690	0.1113	0.1134	0.0423
3	22.1	0.1034	0.1226	0.1247	0.0191
4	23.3	0.1379	0.1611	0.1633	0.0232
5	23.4	0.1724	0.1646	0.1668	0.0078
6	23.6	0.2069	0.1718	0.1740	0.0351
7	23.7	0.2414	0.1755	0.1777	0.0659
8	23.9	0.2759	0.1830	0.1852	0.0928
9	25.0	0.3103	0.2279	0.2299	0.0825
10	25.5	0.3448	0.2501	0.2521	0.0947
11	25.8	0.3793	0.2640	0.2659	0.1153
12	29.0	0.4138	0.4318	0.4324	0.0180
13	29.9	0.4483	0.4830	0.4832	0.0348
14	30.3	0.4828	0.5059	0.5059	0.0232
15	31.1	0.5172	0.5516	0.5511	0.0344
16	31.5	0.5517	0.5742	0.5736	0.0225
17	32.2	0.5862	0.6132	0.6122	0.0270
18	33.2	0.6207	0.6668	0.6654	0.0461
19	33.3	0.6552	0.6720	0.6706	0.0169
20	33.5	0.6897	0.6823	0.6808	0.0073
21	33.9	0.7241	0.7025	0.7008	0.0216
22	35.5	0.7586	0.7768	0.7747	0.0181
23	36.4	0.7931	0.8134	0.8112	0.0203
24	36.5	0.8276	0.8172	0.8151	0.0104
25	36.6	0.8621	0.8210	0.8188	0.0411
26	39.0	0.8966	0.8968	0.8948	0.0003
27	40.8	0.9310	0.9360	0.9343	0.0050
28	48.0	0.9655	0.9947	0.9943	0.0292

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1153, es menor que el delta tabular 0.2570. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (Xm)= 30.1964

Parámetro de escala (S)= 6.9663

Con momentos lineales:

Media lineal (XI)= 30.1964

Desviación estándar lineal (SI)= 7.03

A. 4 Calculo de Curvas IDF por Dyck Peschke

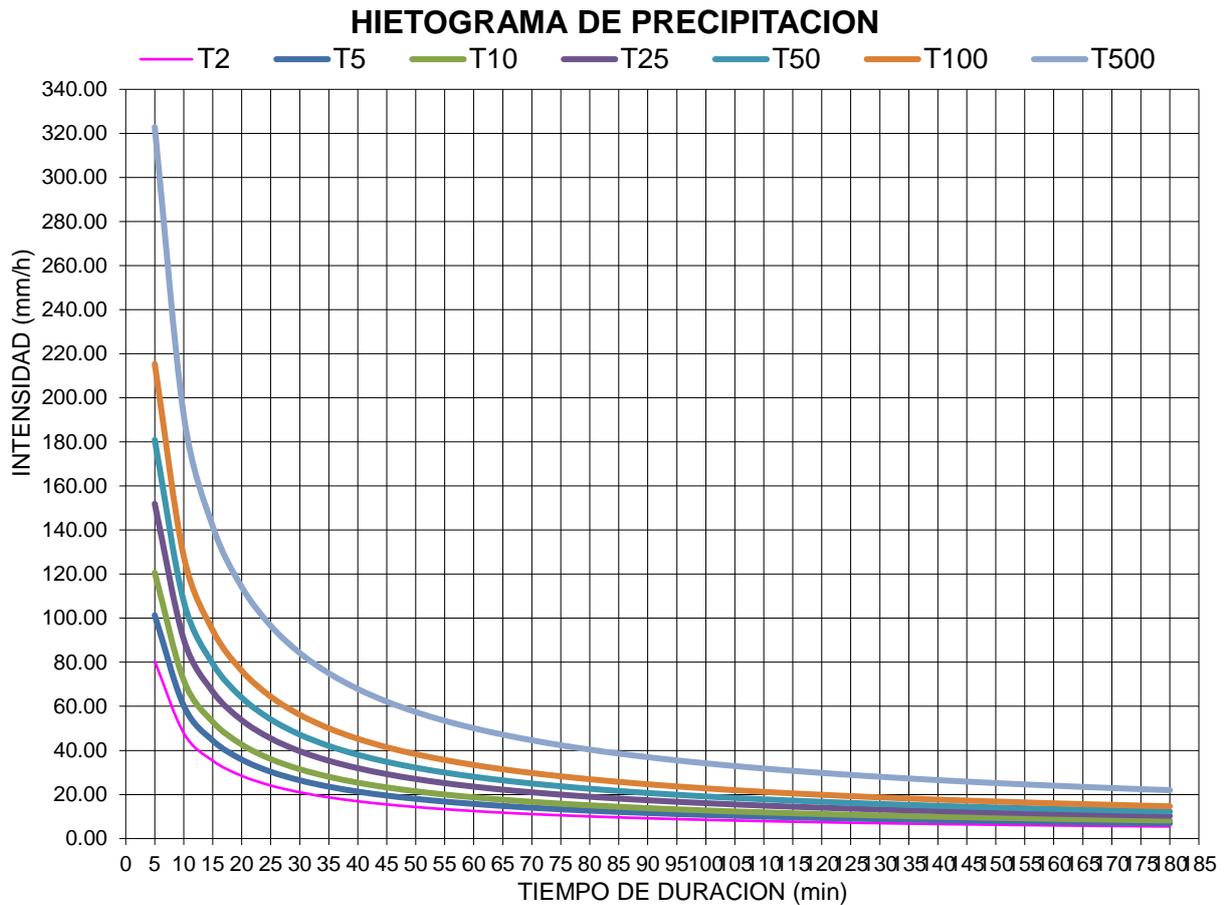
$$\text{Ecuación: } I_{\text{máx}} = 226.0593 * T^{(0.2516)} * D^{(-0.7500)}$$

t = Duracion (Hora)

T= Tiempo de retorno

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	80.49	101.36	120.67	151.96	180.91	215.37	322.89
10	47.86	60.27	71.75	90.35	107.57	128.06	191.99
15	35.31	44.46	52.94	66.66	79.36	94.48	141.65
20	28.46	35.84	42.66	53.72	63.96	76.15	114.16
25	24.07	30.31	36.09	45.45	54.10	64.41	96.57
30	21.00	26.44	31.48	39.64	47.19	56.18	84.23
35	18.70	23.55	28.04	35.31	42.04	50.05	75.03
40	16.92	21.31	25.37	31.94	38.03	45.28	67.88
45	15.49	19.51	23.22	29.24	34.82	41.45	62.14
50	14.31	18.02	21.46	27.02	32.17	38.30	57.42
55	13.33	16.78	19.98	25.16	29.95	35.66	53.46
60	12.48	15.72	18.72	23.57	28.06	33.40	50.08
65	11.76	14.80	17.63	22.20	26.42	31.46	47.16
70	11.12	14.00	16.67	21.00	25.00	29.76	44.61
75	10.56	13.30	15.83	19.94	23.73	28.26	42.36
80	10.06	12.67	15.08	18.99	22.61	26.92	40.36
85	9.61	12.11	14.41	18.15	21.61	25.73	38.57
90	9.21	11.60	13.81	17.39	20.70	24.65	36.95
95	8.84	11.14	13.26	16.70	19.88	23.67	35.48
100	8.51	10.72	12.76	16.07	19.13	22.77	34.14
105	8.20	10.33	12.30	15.49	18.44	21.95	32.91
110	7.92	9.98	11.88	14.96	17.81	21.20	31.79
115	7.66	9.65	11.49	14.47	17.23	20.51	30.74
120	7.42	9.35	11.13	14.01	16.68	19.86	29.78
125	7.20	9.07	10.79	13.59	16.18	19.26	28.88
130	6.99	8.80	10.48	13.20	15.71	18.71	28.04
135	6.80	8.56	10.19	12.83	15.27	18.18	27.26
140	6.61	8.33	9.91	12.48	14.86	17.69	26.53
145	6.44	8.11	9.66	12.16	14.48	17.23	25.84
150	6.28	7.91	9.41	11.85	14.11	16.80	25.19
155	6.13	7.71	9.18	11.57	13.77	16.39	24.58
160	5.98	7.53	8.97	11.29	13.45	16.01	24.00
165	5.85	7.36	8.76	11.04	13.14	15.64	23.45
170	5.72	7.20	8.57	10.79	12.85	15.30	22.93
175	5.59	7.04	8.39	10.56	12.57	14.97	22.44
180	5.48	6.90	8.21	10.34	12.31	14.65	21.97

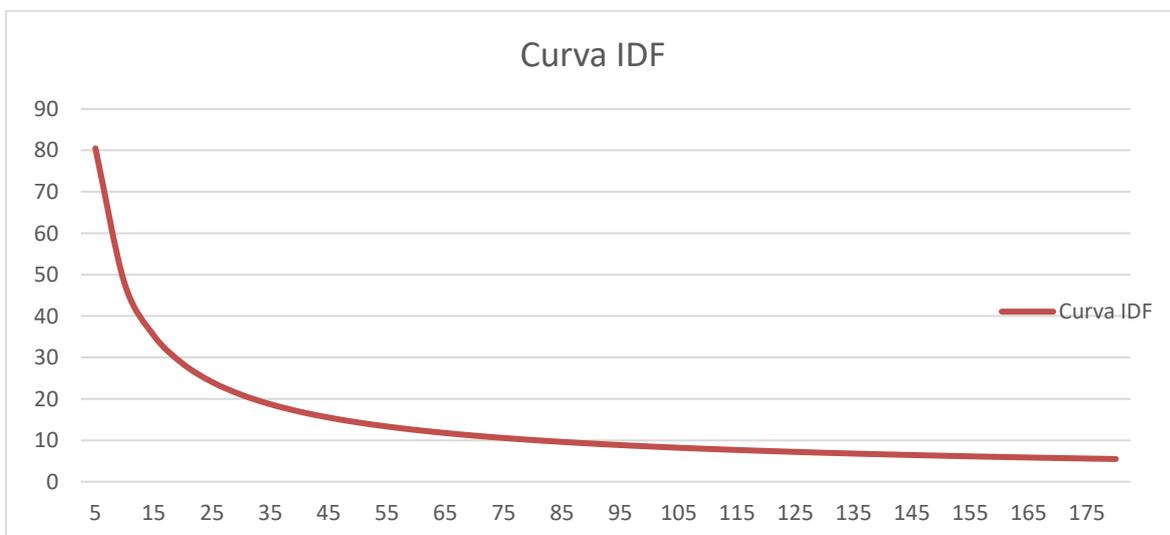


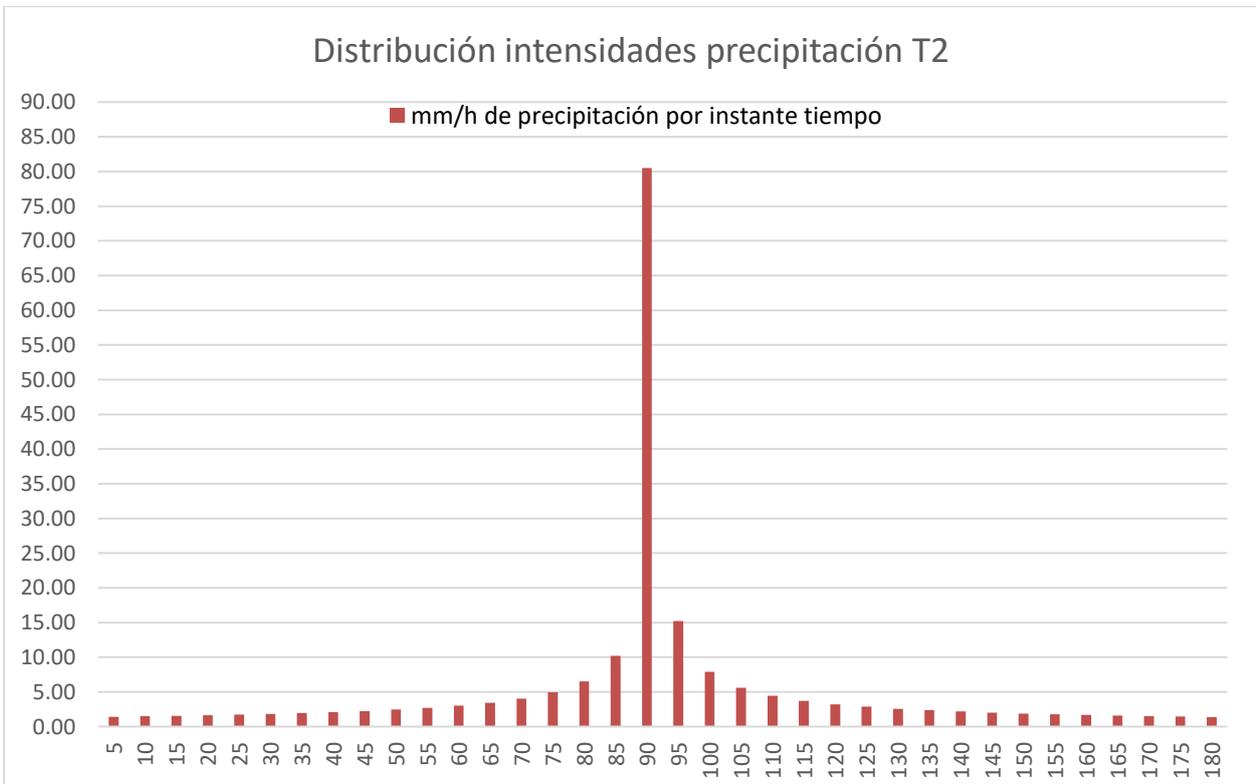
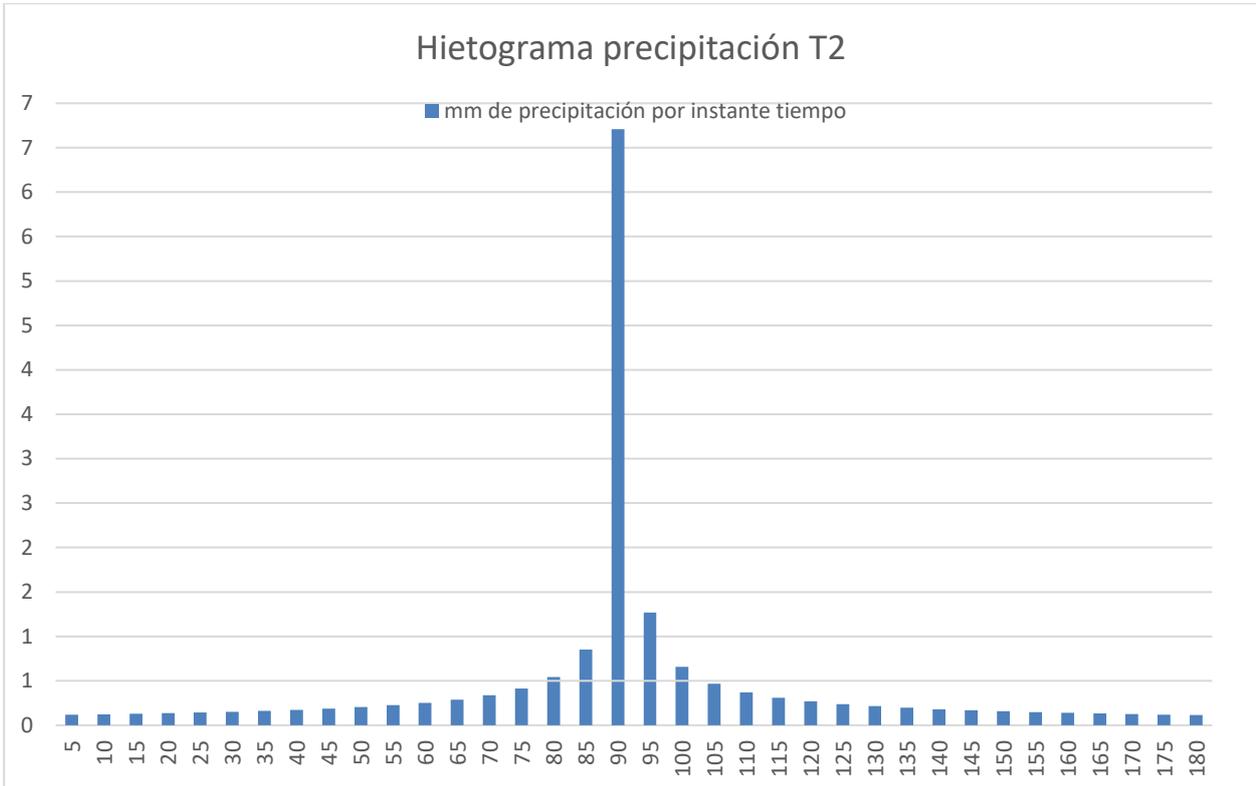
Fuente: Elaboración Propia

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 2 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	5.48
Precipitación en 24 horas (mm)	33.24
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	80.49	6.71	6.71	80.49	0.12	1.41
10	47.86	7.98	1.27	15.23	0.12	1.48
15	35.31	8.83	0.85	10.21	0.13	1.55
20	28.46	9.49	0.66	7.90	0.14	1.63
25	24.07	10.03	0.54	6.53	0.14	1.72
30	21.00	10.50	0.47	5.61	0.15	1.83
35	18.70	10.91	0.41	4.95	0.16	1.95

40	16.92	11.28	0.37	4.44	0.17	2.09
45	15.49	11.62	0.34	4.05	0.19	2.26
50	14.31	11.93	0.31	3.72	0.20	2.46
55	13.33	12.22	0.29	3.45	0.23	2.71
60	12.48	12.48	0.27	3.22	0.25	3.03
65	11.76	12.74	0.25	3.03	0.29	3.45
70	11.12	12.97	0.24	2.86	0.34	4.05
75	10.56	13.20	0.23	2.71	0.41	4.95
80	10.06	13.41	0.21	2.58	0.54	6.53
85	9.61	13.62	0.20	2.46	0.85	10.21
90	9.21	13.82	0.20	2.35	6.71	80.49
95	8.84	14.00	0.19	2.26	1.27	15.23
100	8.51	14.18	0.18	2.17	0.66	7.90
105	8.20	14.36	0.17	2.09	0.47	5.61
110	7.92	14.53	0.17	2.02	0.37	4.44
115	7.66	14.69	0.16	1.95	0.31	3.72
120	7.42	14.85	0.16	1.89	0.27	3.22
125	7.20	15.00	0.15	1.83	0.24	2.86
130	6.99	15.15	0.15	1.77	0.21	2.58
135	6.80	15.29	0.14	1.72	0.20	2.35
140	6.61	15.43	0.14	1.68	0.18	2.17
145	6.44	15.57	0.14	1.63	0.17	2.02
150	6.28	15.70	0.13	1.59	0.16	1.89
155	6.13	15.83	0.13	1.55	0.15	1.77
160	5.98	15.95	0.13	1.51	0.14	1.68
165	5.85	16.08	0.12	1.48	0.13	1.59
170	5.72	16.20	0.12	1.45	0.13	1.51
175	5.59	16.31	0.12	1.41	0.12	1.45
180	5.48	16.43	0.12	1.38	0.12	1.38

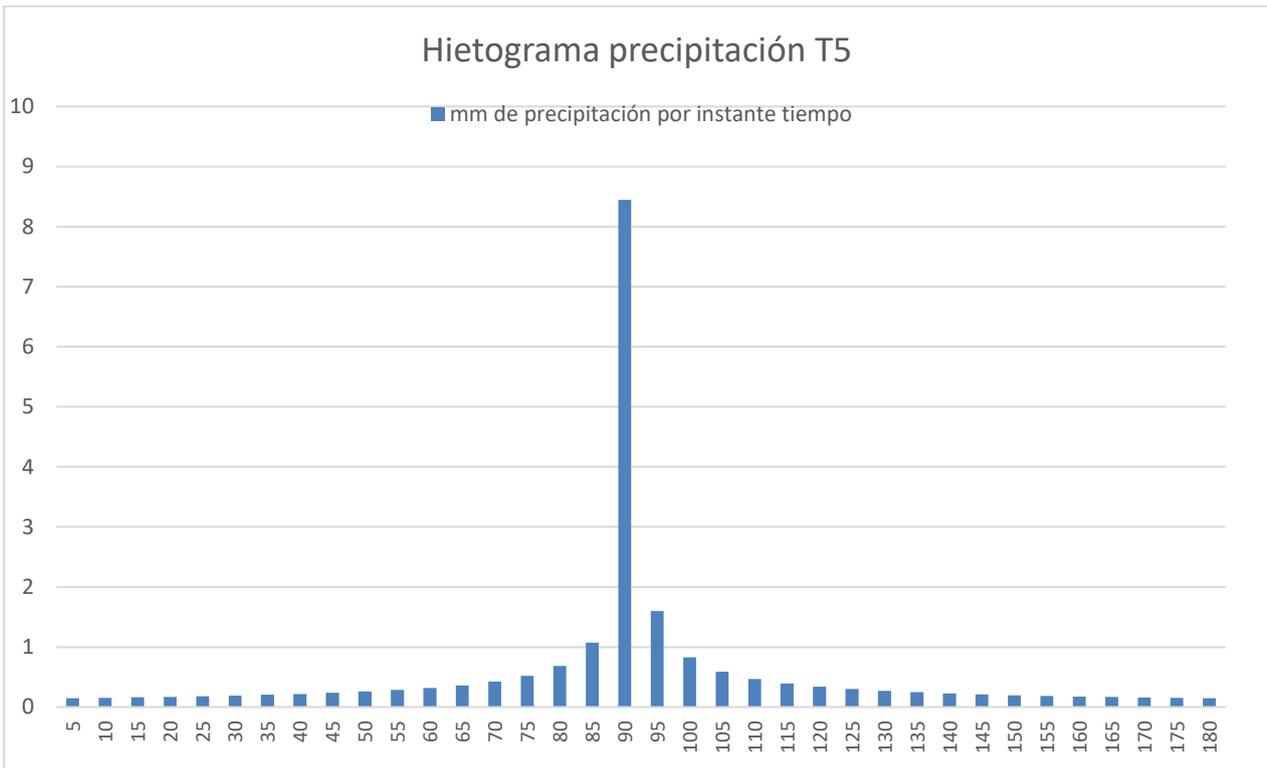
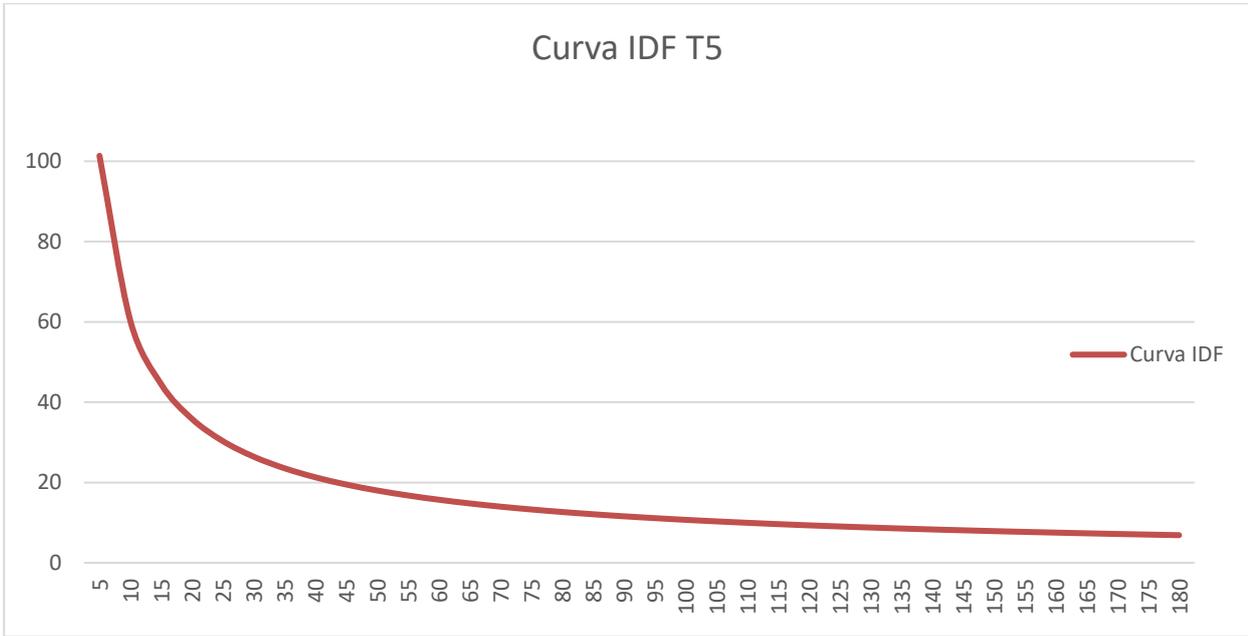




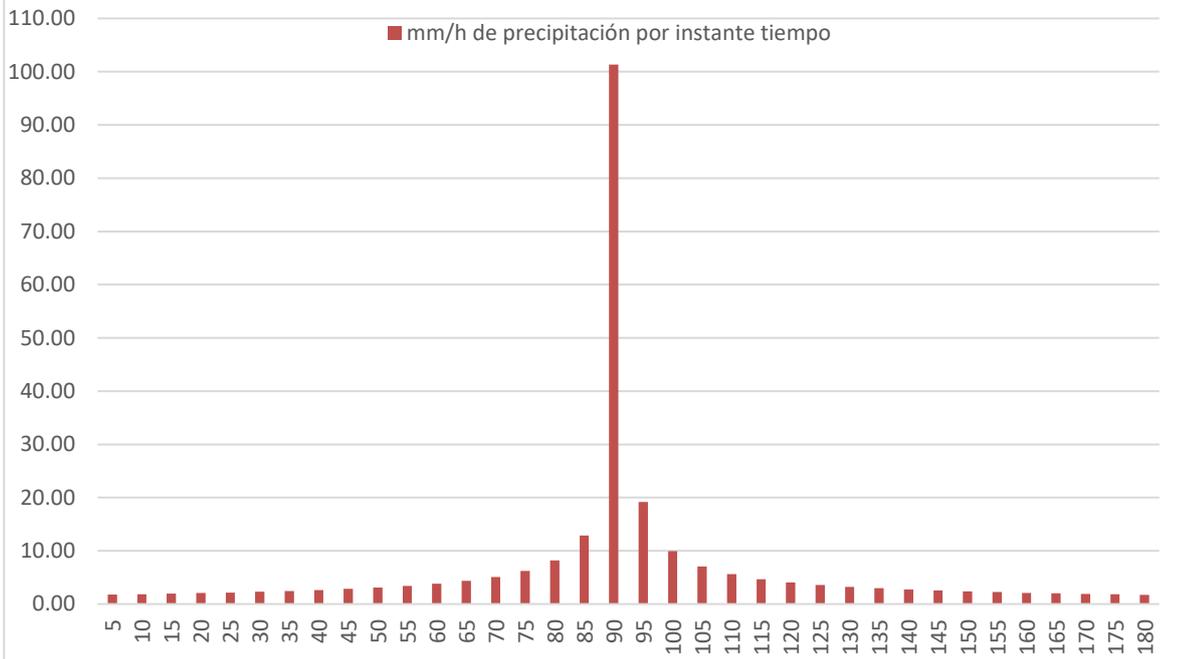
Fuente: Elaboración Propia

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 5 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	6.90
Precipitación en 24 horas (mm)	40.49
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	101.36	8.45	8.45	101.36	0.15	1.78
10	60.27	10.04	1.60	19.18	0.16	1.86
15	44.46	11.12	1.07	12.86	0.16	1.95
20	35.84	11.95	0.83	9.95	0.17	2.05
25	30.31	12.63	0.69	8.22	0.18	2.17
30	26.44	13.22	0.59	7.07	0.19	2.30
35	23.55	13.74	0.52	6.23	0.20	2.45
40	21.31	14.21	0.47	5.60	0.22	2.63
45	19.51	14.63	0.42	5.09	0.24	2.84
50	18.02	15.02	0.39	4.69	0.26	3.10
55	16.78	15.38	0.36	4.35	0.28	3.41
60	15.72	15.72	0.34	4.06	0.32	3.81
65	14.80	16.04	0.32	3.81	0.36	4.35
70	14.00	16.34	0.30	3.60	0.42	5.09
75	13.30	16.62	0.28	3.41	0.52	6.23
80	12.67	16.89	0.27	3.24	0.69	8.22
85	12.11	17.15	0.26	3.10	1.07	12.86
90	11.60	17.40	0.25	2.96	8.45	101.36
95	11.14	17.63	0.24	2.84	1.60	19.18
100	10.72	17.86	0.23	2.73	0.83	9.95
105	10.33	18.08	0.22	2.63	0.59	7.07
110	9.98	18.29	0.21	2.54	0.47	5.60
115	9.65	18.50	0.20	2.45	0.39	4.69
120	9.35	18.70	0.20	2.37	0.34	4.06
125	9.07	18.89	0.19	2.30	0.30	3.60
130	8.80	19.07	0.19	2.23	0.27	3.24
135	8.56	19.25	0.18	2.17	0.25	2.96
140	8.33	19.43	0.18	2.11	0.23	2.73
145	8.11	19.60	0.17	2.05	0.21	2.54
150	7.91	19.77	0.17	2.00	0.20	2.37
155	7.71	19.93	0.16	1.95	0.19	2.23
160	7.53	20.09	0.16	1.91	0.18	2.11
165	7.36	20.24	0.16	1.86	0.17	2.00
170	7.20	20.40	0.15	1.82	0.16	1.91
175	7.04	20.54	0.15	1.78	0.15	1.82
180	6.90	20.69	0.15	1.74	0.15	1.74



Distribución intensidades precipitación T5

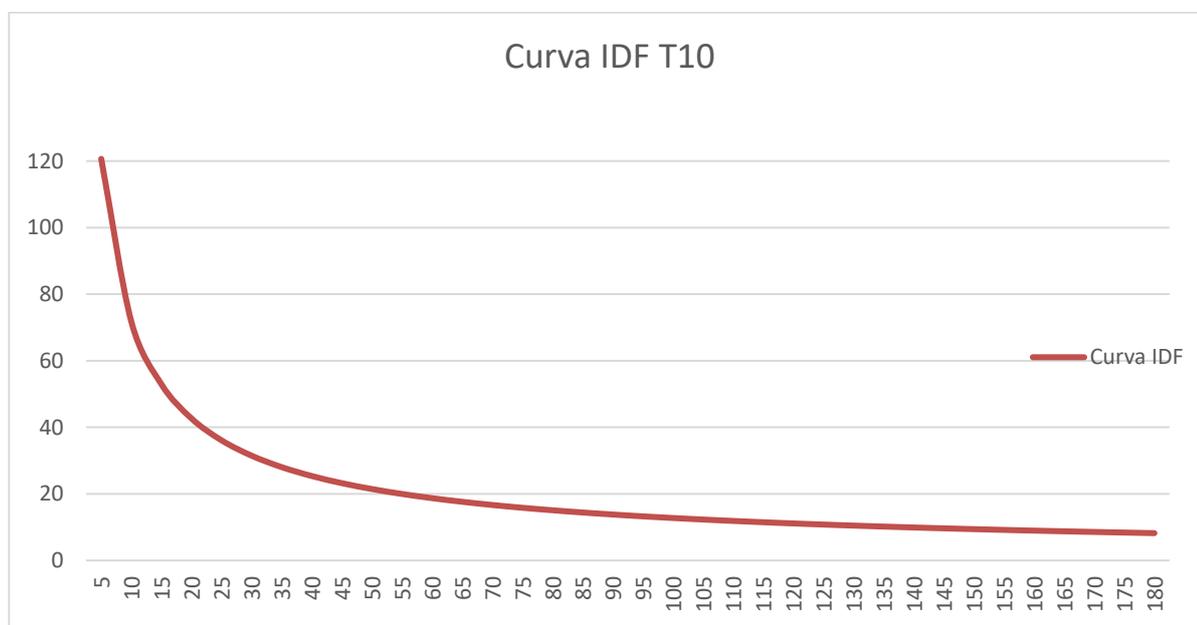


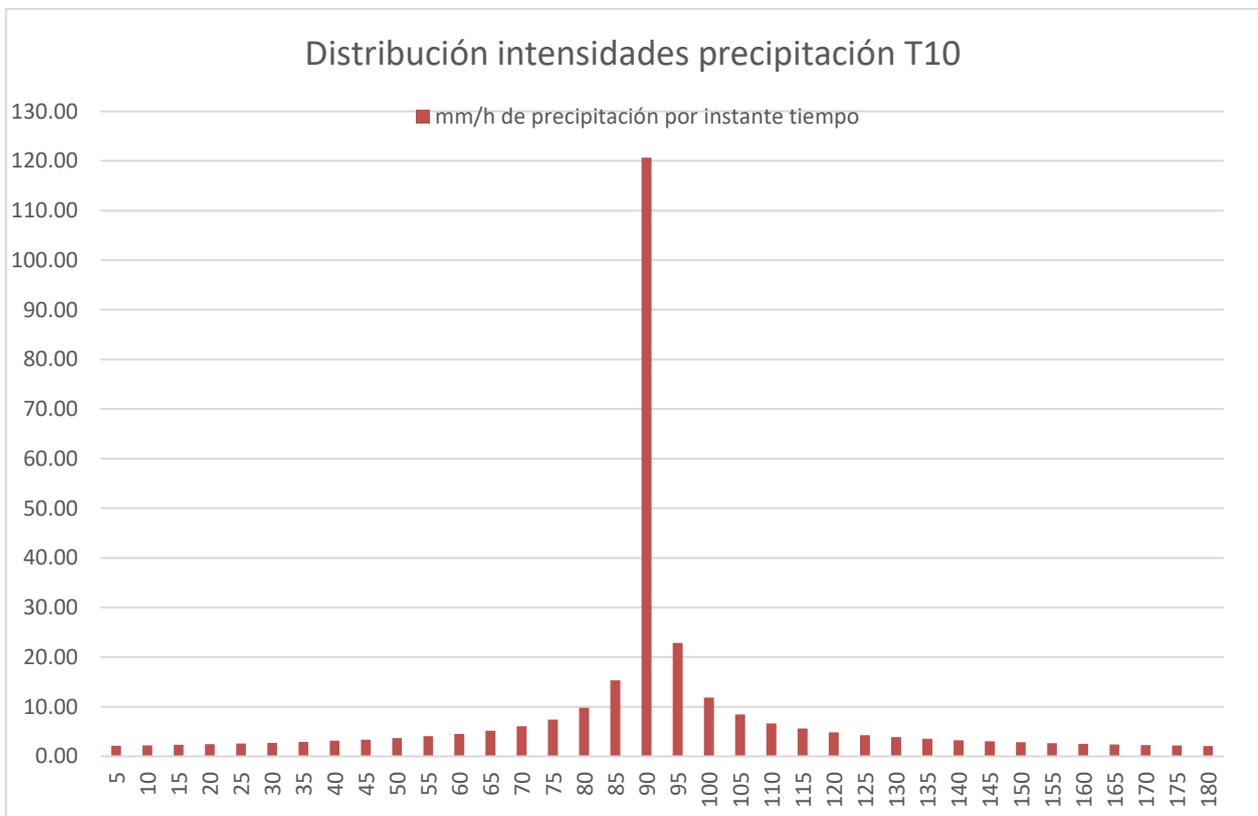
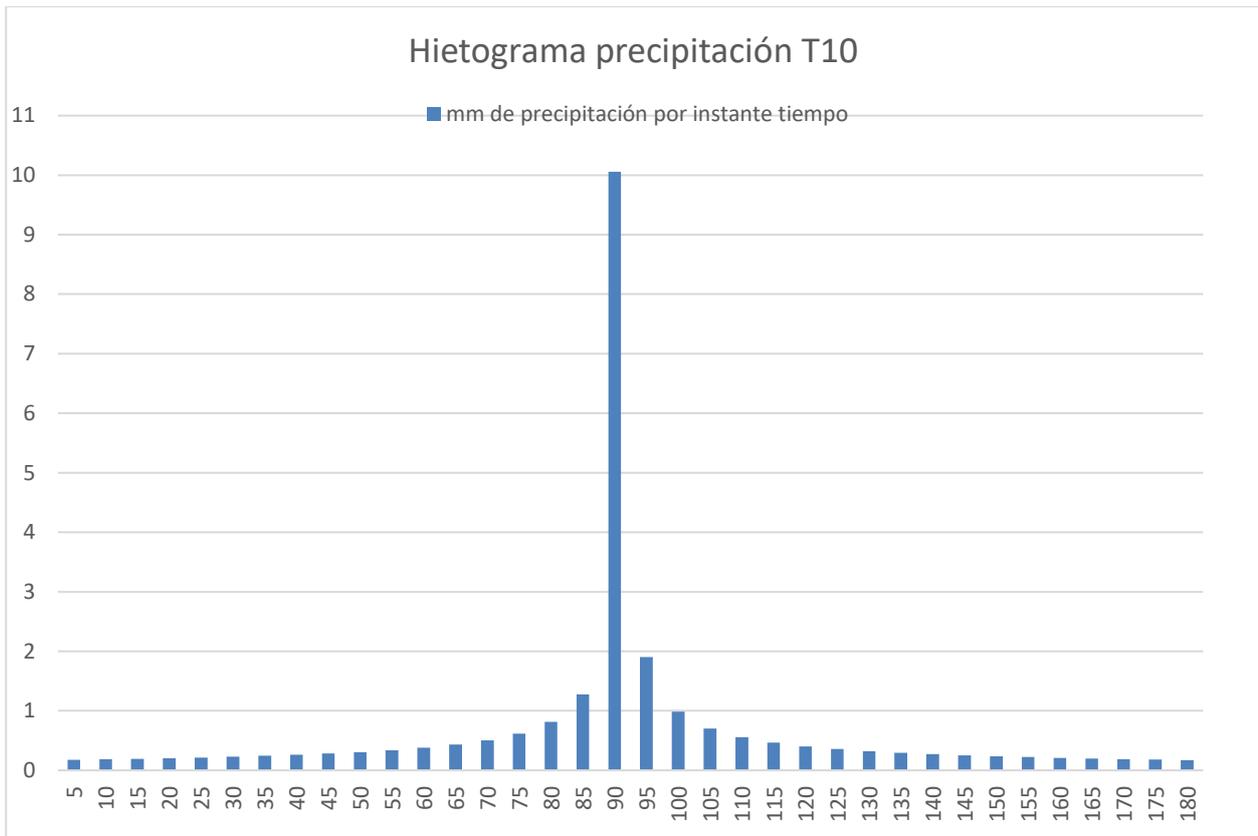
HISTOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS

Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	8.21
Precipitación en 24 horas (mm)	44.89
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	120.67	10.06	10.06	120.67	0.18	2.12
10	71.75	11.96	1.90	22.83	0.18	2.22
15	52.94	13.23	1.28	15.31	0.19	2.32
20	42.66	14.22	0.99	11.84	0.20	2.45
25	36.09	15.04	0.82	9.79	0.22	2.58
30	31.48	15.74	0.70	8.41	0.23	2.74
35	28.04	16.36	0.62	7.42	0.24	2.92
40	25.37	16.91	0.56	6.66	0.26	3.13
45	23.22	17.42	0.51	6.06	0.28	3.38
50	21.46	17.88	0.46	5.58	0.31	3.69
55	19.98	18.31	0.43	5.17	0.34	4.06
60	18.72	18.72	0.40	4.83	0.38	4.54
65	17.63	19.09	0.38	4.54	0.43	5.17
70	16.67	19.45	0.36	4.28	0.51	6.06

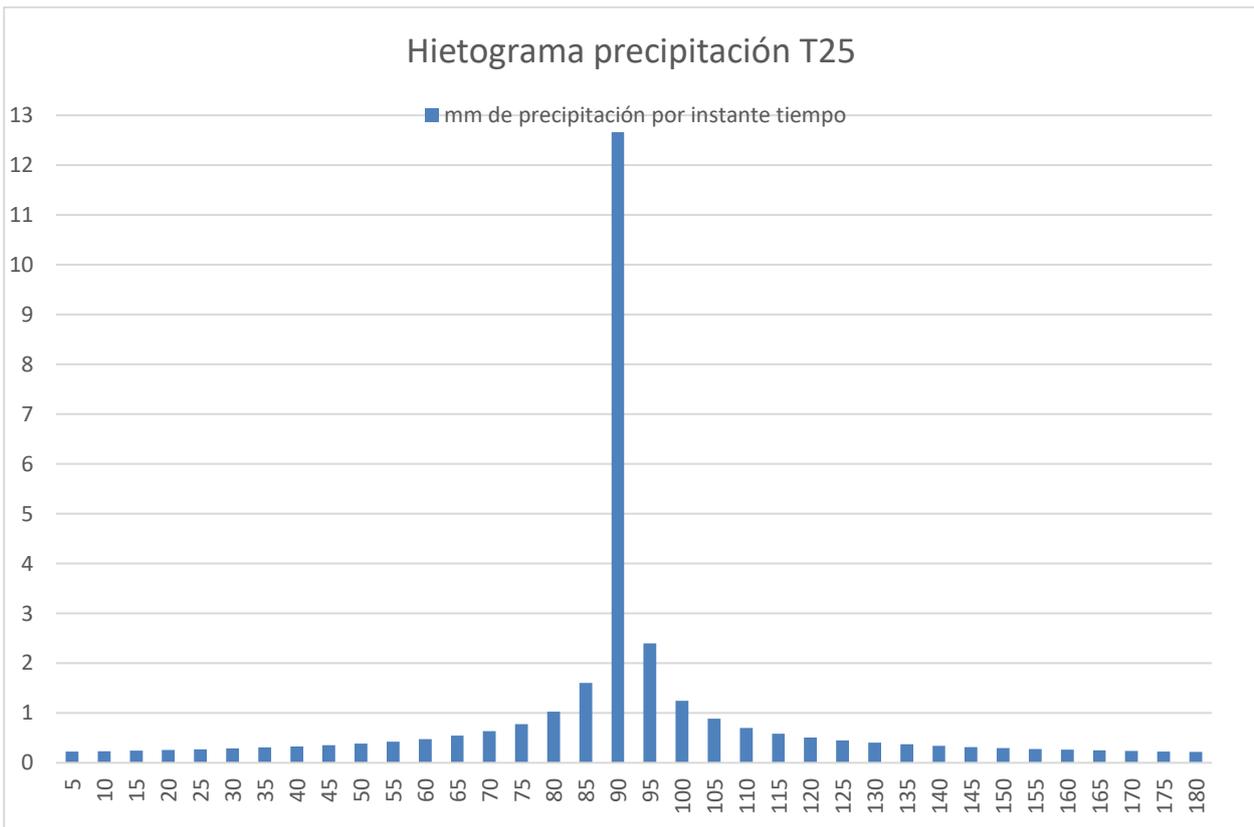
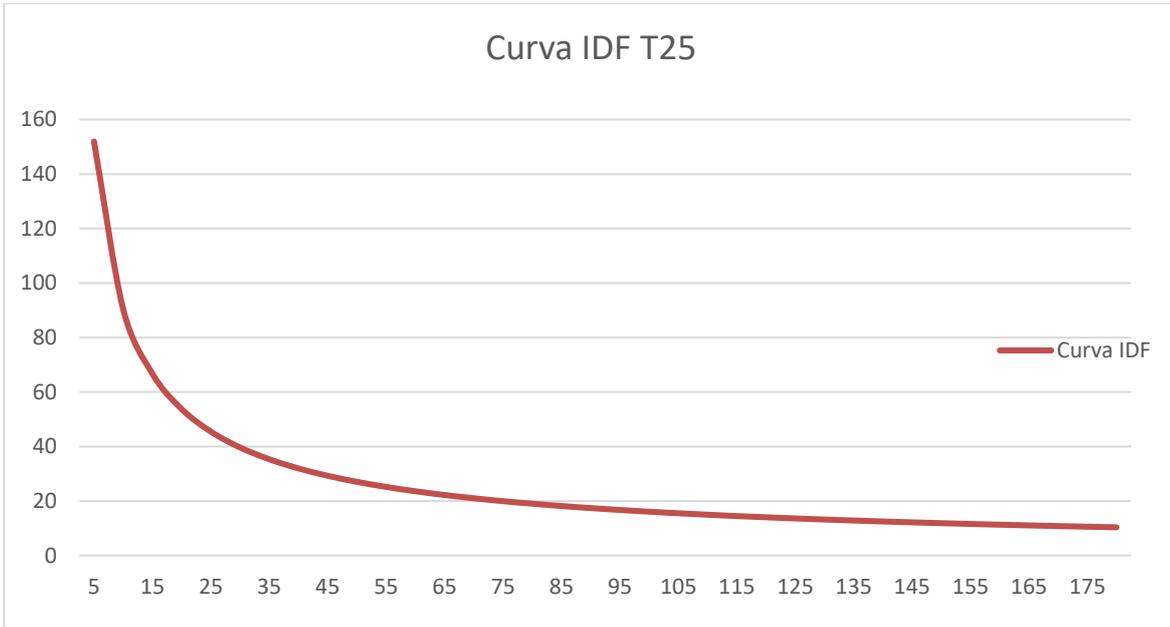
75	15.83	19.79	0.34	4.06	0.62	7.42
80	15.08	20.11	0.32	3.86	0.82	9.79
85	14.41	20.42	0.31	3.69	1.28	15.31
90	13.81	20.71	0.29	3.53	10.06	120.67
95	13.26	20.99	0.28	3.38	1.90	22.83
100	12.76	21.27	0.27	3.25	0.99	11.84
105	12.30	21.53	0.26	3.13	0.70	8.41
110	11.88	21.78	0.25	3.02	0.56	6.66
115	11.49	22.02	0.24	2.92	0.46	5.58
120	11.13	22.26	0.24	2.83	0.40	4.83
125	10.79	22.49	0.23	2.74	0.36	4.28
130	10.48	22.71	0.22	2.66	0.32	3.86
135	10.19	22.92	0.22	2.58	0.29	3.53
140	9.91	23.13	0.21	2.51	0.27	3.25
145	9.66	23.34	0.20	2.45	0.25	3.02
150	9.41	23.53	0.20	2.38	0.24	2.83
155	9.18	23.73	0.19	2.32	0.22	2.66
160	8.97	23.92	0.19	2.27	0.21	2.51
165	8.76	24.10	0.18	2.22	0.20	2.38
170	8.57	24.28	0.18	2.17	0.19	2.27
175	8.39	24.46	0.18	2.12	0.18	2.17
180	8.21	24.63	0.17	2.07	0.17	2.07



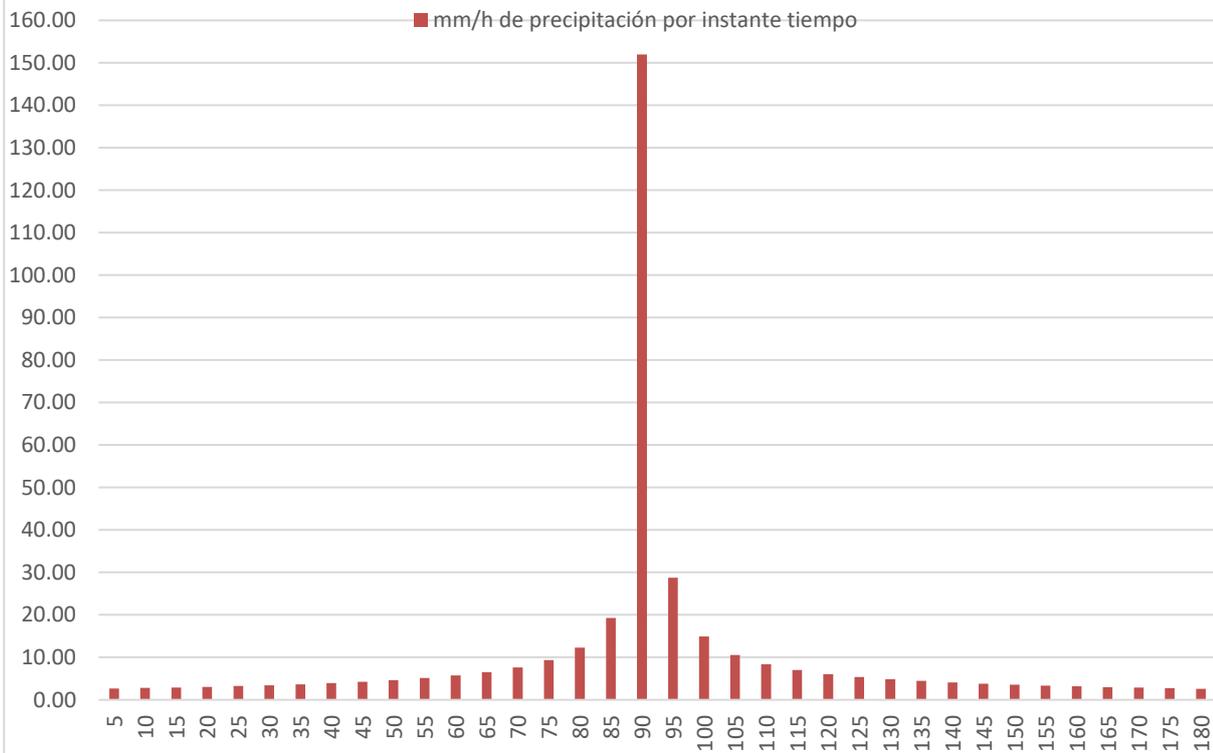


HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 25 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intesidad de lluvia (mm/h)	10.34
Precipitación en 24 horas (mm)	50.12
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	151.96	12.66	12.66	151.96	0.22	2.67
10	90.35	15.06	2.40	28.75	0.23	2.79
15	66.66	16.67	1.61	19.28	0.24	2.93
20	53.72	17.91	1.24	14.91	0.26	3.08
25	45.45	18.94	1.03	12.33	0.27	3.25
30	39.64	19.82	0.88	10.60	0.29	3.45
35	35.31	20.60	0.78	9.34	0.31	3.68
40	31.94	21.30	0.70	8.39	0.33	3.94
45	29.24	21.93	0.64	7.64	0.35	4.26
50	27.02	22.52	0.59	7.02	0.39	4.64
55	25.16	23.06	0.54	6.52	0.43	5.11
60	23.57	23.57	0.51	6.09	0.48	5.72
65	22.20	24.04	0.48	5.72	0.54	6.52
70	21.00	24.49	0.45	5.40	0.64	7.64
75	19.94	24.92	0.43	5.11	0.78	9.34
80	18.99	25.33	0.41	4.86	1.03	12.33
85	18.15	25.71	0.39	4.64	1.61	19.28
90	17.39	26.08	0.37	4.44	12.66	151.96
95	16.70	26.44	0.35	4.26	2.40	28.75
100	16.07	26.78	0.34	4.09	1.24	14.91
105	15.49	27.11	0.33	3.94	0.88	10.60
110	14.96	27.42	0.32	3.81	0.70	8.39
115	14.47	27.73	0.31	3.68	0.59	7.02
120	14.01	28.03	0.30	3.56	0.51	6.09
125	13.59	28.32	0.29	3.45	0.45	5.40
130	13.20	28.59	0.28	3.35	0.41	4.86
135	12.83	28.87	0.27	3.25	0.37	4.44
140	12.48	29.13	0.26	3.16	0.34	4.09
145	12.16	29.39	0.26	3.08	0.32	3.81
150	11.85	29.64	0.25	3.00	0.30	3.56
155	11.57	29.88	0.24	2.93	0.28	3.35
160	11.29	30.12	0.24	2.86	0.26	3.16
165	11.04	30.35	0.23	2.79	0.25	3.00
170	10.79	30.58	0.23	2.73	0.24	2.86
175	10.56	30.80	0.22	2.67	0.23	2.73
180	10.34	31.02	0.22	2.61	0.22	2.61



Distribución intensidades precipitación T25

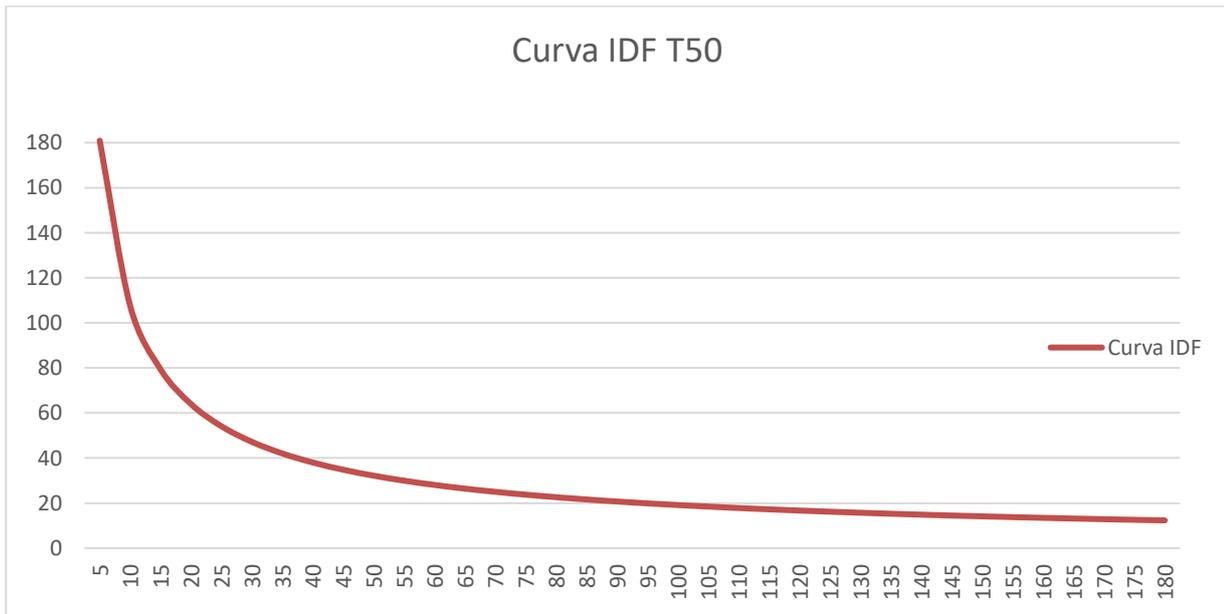


HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 50 AÑOS

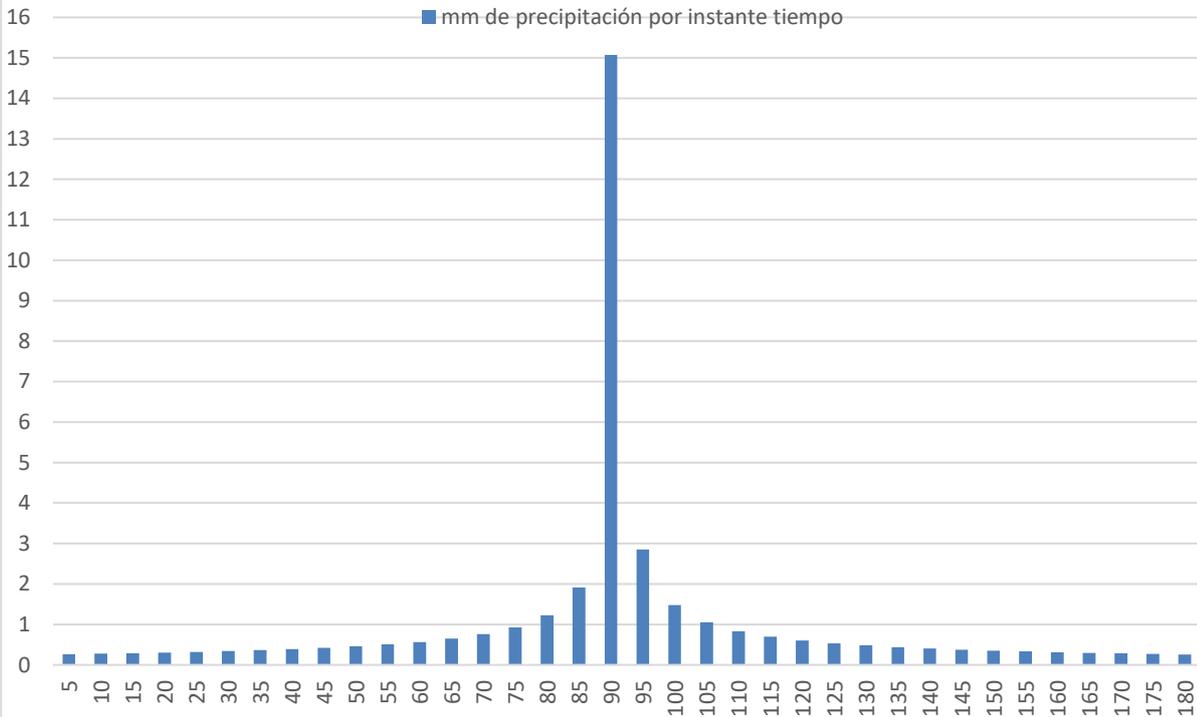
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	12.31
Precipitación en 24 horas (mm)	53.80
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	180.91	15.08	15.08	180.91	0.26	3.18
10	107.57	17.93	2.85	34.23	0.28	3.32
15	79.36	19.84	1.91	22.95	0.29	3.48
20	63.96	21.32	1.48	17.75	0.31	3.67
25	54.10	22.54	1.22	14.68	0.32	3.87
30	47.19	23.59	1.05	12.62	0.34	4.11
35	42.04	24.52	0.93	11.12	0.36	4.38
40	38.03	25.35	0.83	9.99	0.39	4.70
45	34.82	26.11	0.76	9.09	0.42	5.07
50	32.17	26.81	0.70	8.36	0.46	5.53
55	29.95	27.46	0.65	7.76	0.51	6.09
60	28.06	28.06	0.60	7.25	0.57	6.81

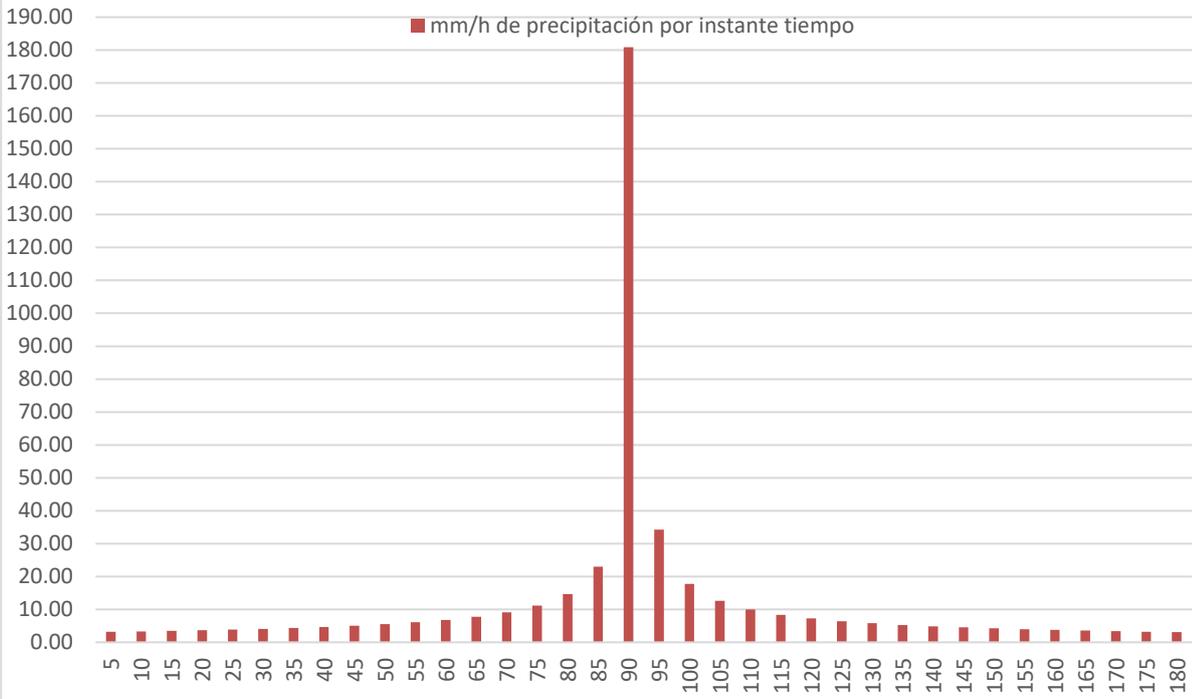
65	26.42	28.63	0.57	6.81	0.65	7.76
70	25.00	29.16	0.54	6.42	0.76	9.09
75	23.73	29.67	0.51	6.09	0.93	11.12
80	22.61	30.15	0.48	5.79	1.22	14.68
85	21.61	30.61	0.46	5.53	1.91	22.95
90	20.70	31.05	0.44	5.29	15.08	180.91
95	19.88	31.47	0.42	5.07	2.85	34.23
100	19.13	31.88	0.41	4.87	1.48	17.75
105	18.44	32.27	0.39	4.70	1.05	12.62
110	17.81	32.65	0.38	4.53	0.83	9.99
115	17.23	33.01	0.36	4.38	0.70	8.36
120	16.68	33.37	0.35	4.24	0.60	7.25
125	16.18	33.71	0.34	4.11	0.54	6.42
130	15.71	34.04	0.33	3.99	0.48	5.79
135	15.27	34.36	0.32	3.87	0.44	5.29
140	14.86	34.68	0.31	3.77	0.41	4.87
145	14.48	34.98	0.31	3.67	0.38	4.53
150	14.11	35.28	0.30	3.57	0.35	4.24
155	13.77	35.57	0.29	3.48	0.33	3.99
160	13.45	35.86	0.28	3.40	0.31	3.77
165	13.14	36.13	0.28	3.32	0.30	3.57
170	12.85	36.40	0.27	3.25	0.28	3.40
175	12.57	36.67	0.26	3.18	0.27	3.25
180	12.31	36.93	0.26	3.11	0.26	3.11



Hietograma precipitación T50

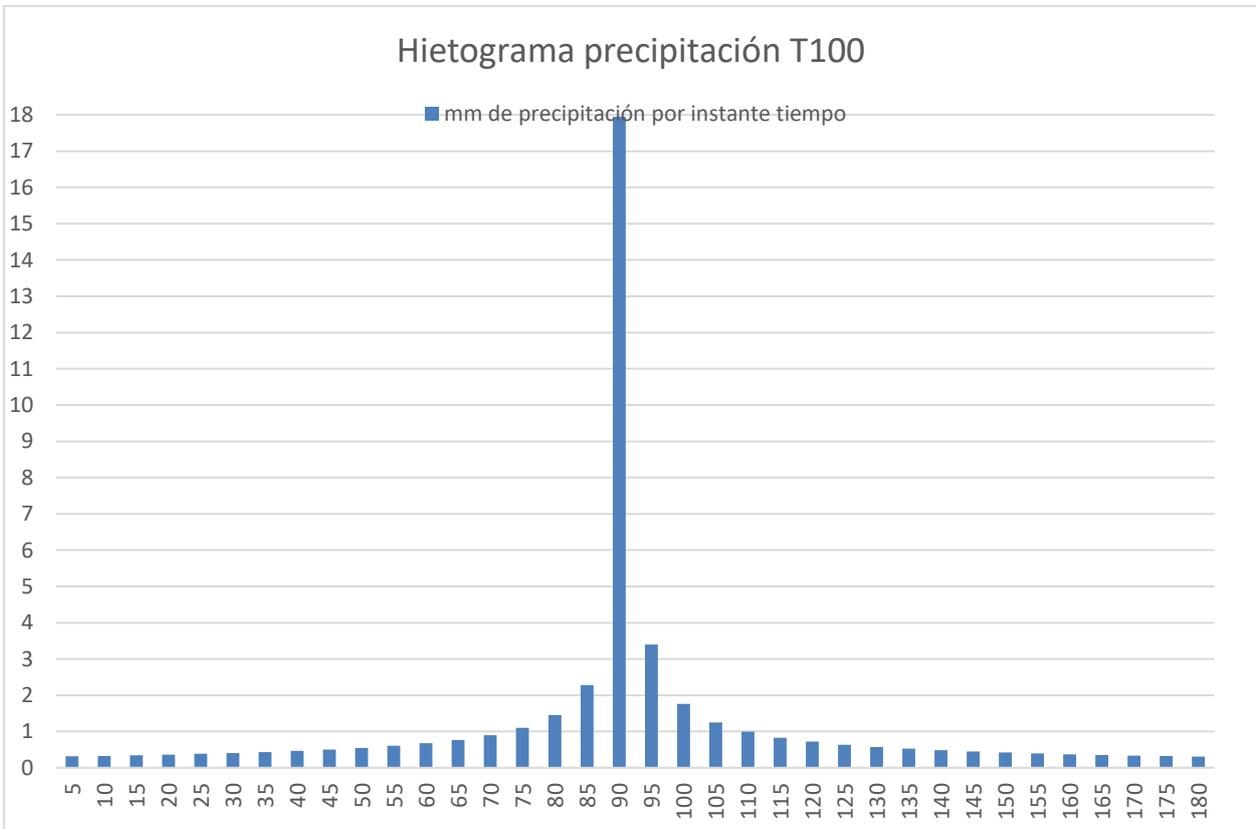
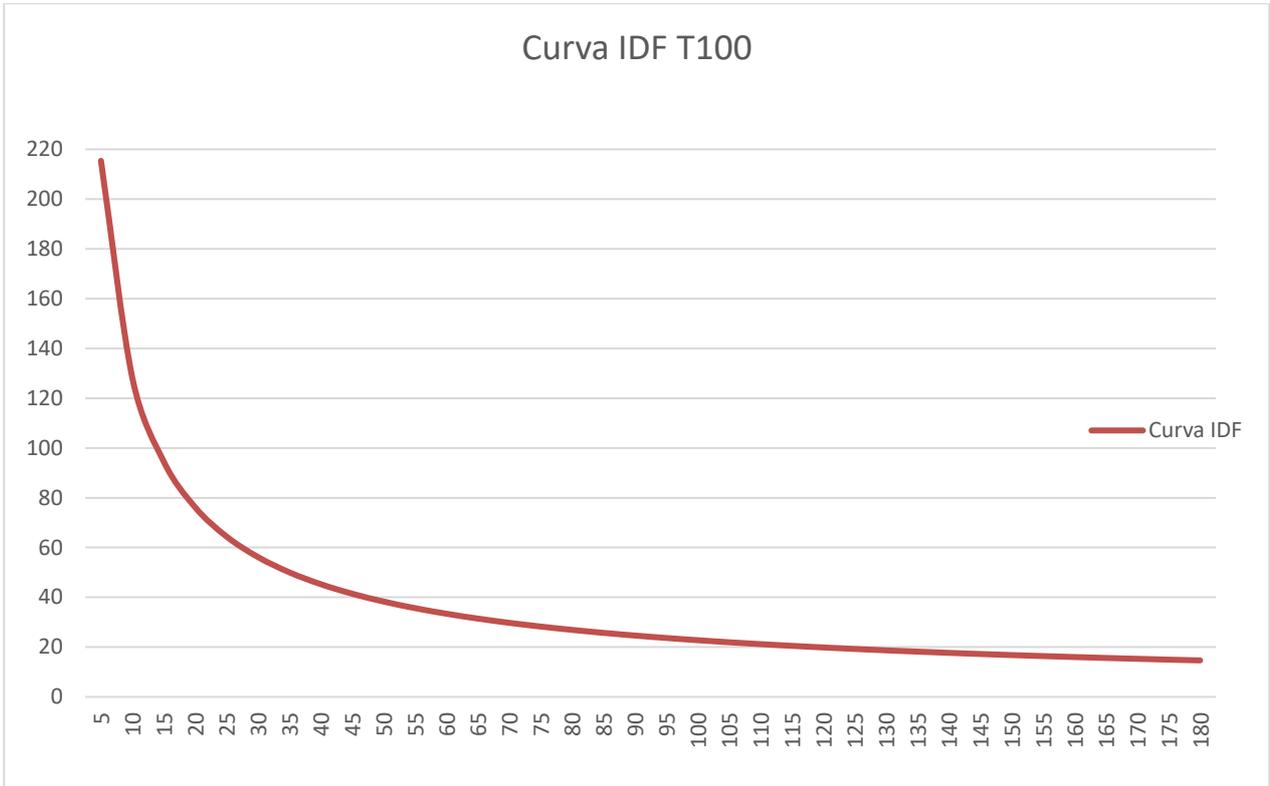


Distribución intensidades precipitación T50

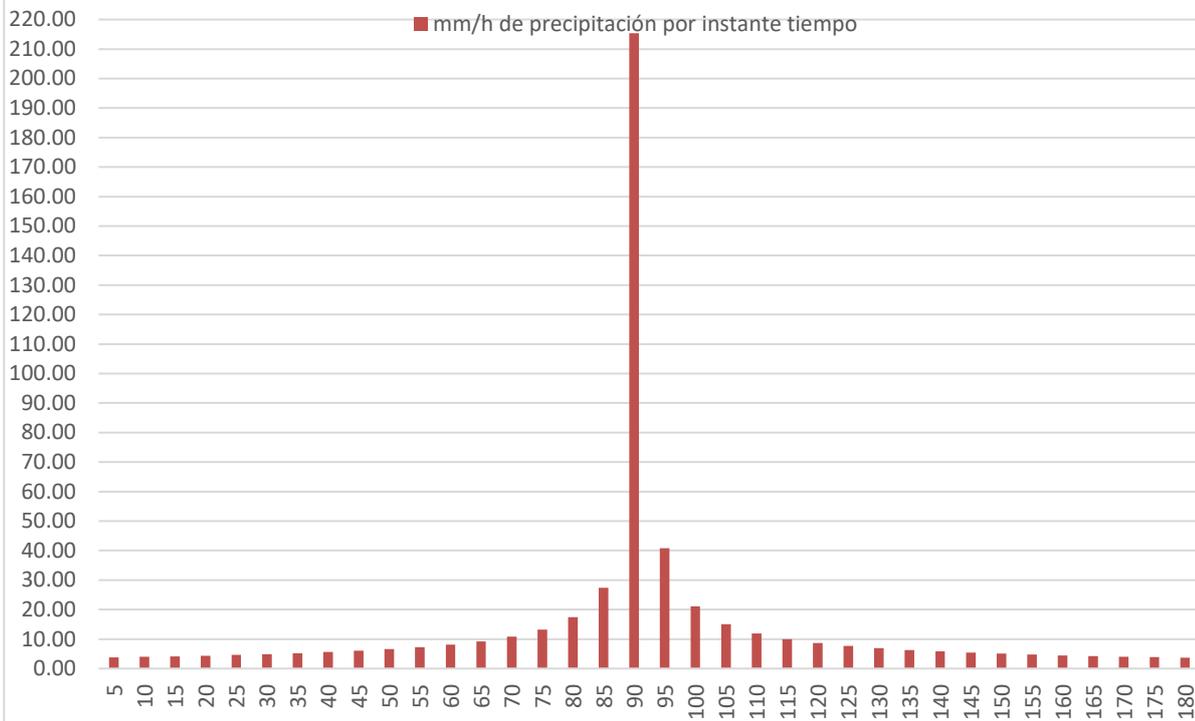


HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 100 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intesidad de lluvia (mm/h)	14.65
Precipitación en 24 horas (mm)	57.35
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	215.37	17.95	17.95	215.37	0.32	3.78
10	128.06	21.34	3.40	40.75	0.33	3.96
15	94.48	23.62	2.28	27.32	0.35	4.15
20	76.15	25.38	1.76	21.14	0.36	4.37
25	64.41	26.84	1.46	17.47	0.38	4.61
30	56.18	28.09	1.25	15.02	0.41	4.89
35	50.05	29.19	1.10	13.24	0.43	5.21
40	45.28	30.18	0.99	11.89	0.47	5.59
45	41.45	31.09	0.90	10.82	0.50	6.04
50	38.30	31.92	0.83	9.96	0.55	6.58
55	35.66	32.69	0.77	9.24	0.60	7.25
60	33.40	33.40	0.72	8.63	0.68	8.10
65	31.46	34.08	0.68	8.10	0.77	9.24
70	29.76	34.72	0.64	7.65	0.90	10.82
75	28.26	35.32	0.60	7.25	1.10	13.24
80	26.92	35.90	0.57	6.89	1.46	17.47
85	25.73	36.44	0.55	6.58	2.28	27.32
90	24.65	36.97	0.52	6.29	17.95	215.37
95	23.67	37.47	0.50	6.04	3.40	40.75
100	22.77	37.96	0.48	5.80	1.76	21.14
105	21.95	38.42	0.47	5.59	1.25	15.02
110	21.20	38.87	0.45	5.39	0.99	11.89
115	20.51	39.30	0.43	5.21	0.83	9.96
120	19.86	39.73	0.42	5.05	0.72	8.63
125	19.26	40.13	0.41	4.89	0.64	7.65
130	18.71	40.53	0.40	4.75	0.57	6.89
135	18.18	40.91	0.38	4.61	0.52	6.29
140	17.69	41.29	0.37	4.48	0.48	5.80
145	17.23	41.65	0.36	4.37	0.45	5.39
150	16.80	42.00	0.35	4.25	0.42	5.05
155	16.39	42.35	0.35	4.15	0.40	4.75
160	16.01	42.69	0.34	4.05	0.37	4.48
165	15.64	43.02	0.33	3.96	0.35	4.25
170	15.30	43.34	0.32	3.87	0.34	4.05
175	14.97	43.65	0.32	3.78	0.32	3.87
180	14.65	43.96	0.31	3.70	0.31	3.70



Distribución intensidades precipitación T100

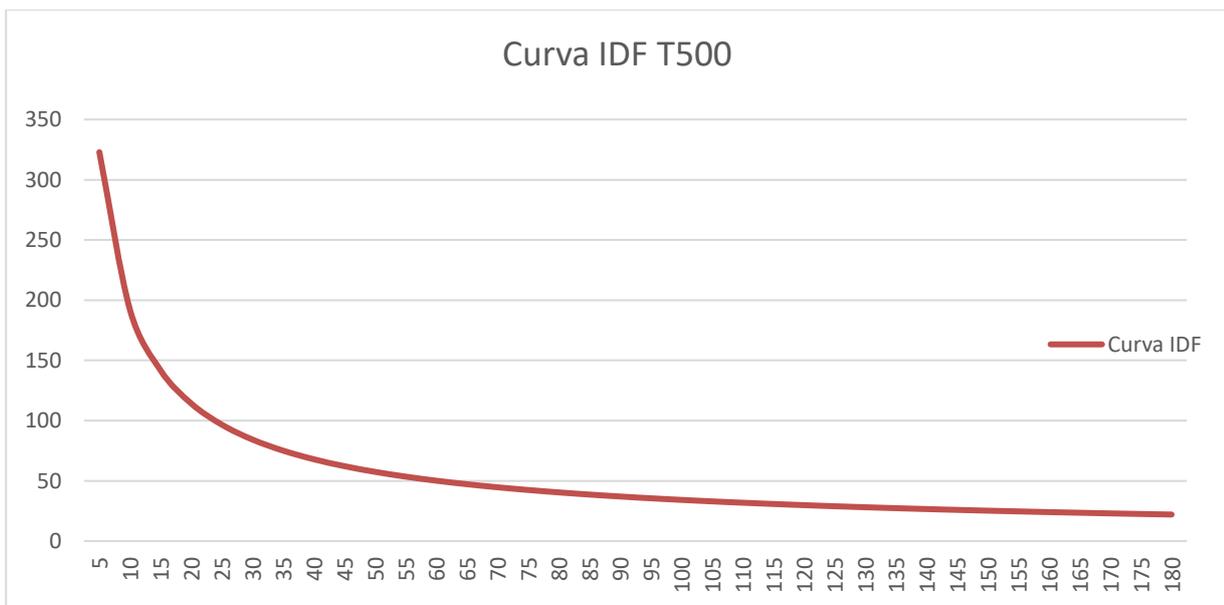


HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 500 AÑOS

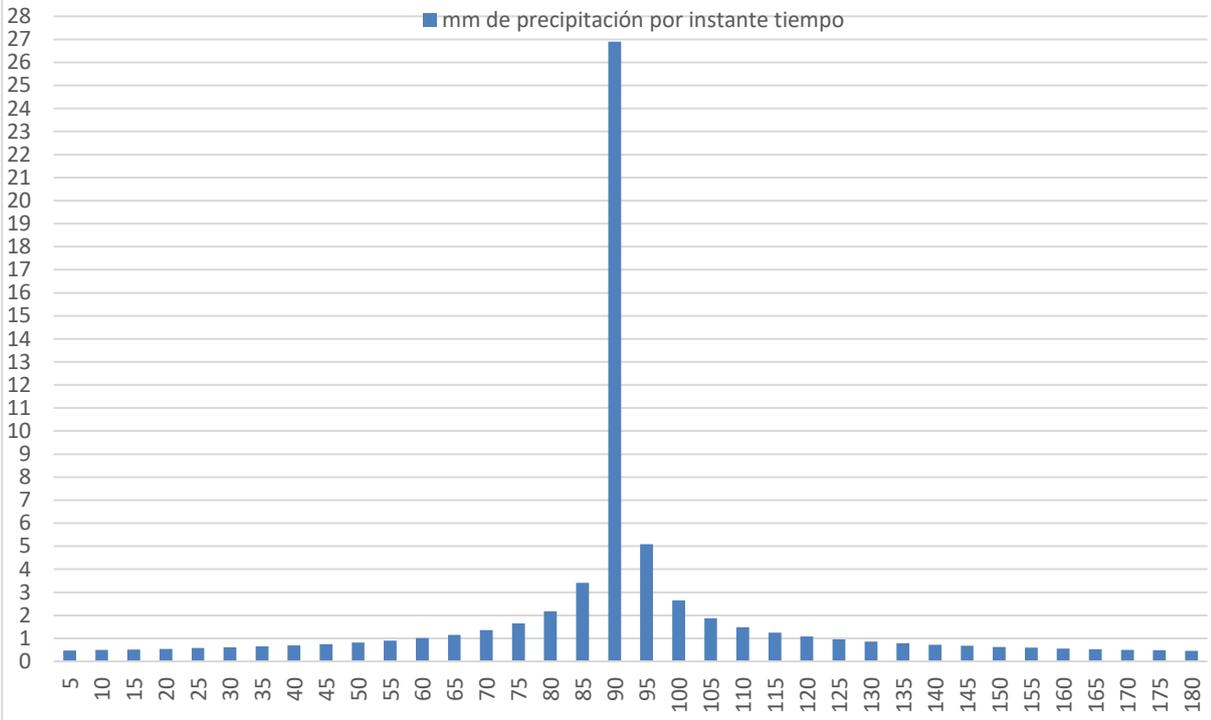
Duración de la tormenta (h)	3
Intensidad de lluvia (mm/h)	21.97
Precipitación en 24 horas (mm)	65.27
Intervalos de tiempo (min)	5

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	322.89	26.91	26.91	322.89	0.47	5.67
10	191.99	32.00	5.09	61.09	0.49	5.93
15	141.65	35.41	3.41	40.96	0.52	6.22
20	114.16	38.05	2.64	31.69	0.55	6.54
25	96.57	40.24	2.18	26.20	0.58	6.91
30	84.23	42.11	1.88	22.52	0.61	7.33
35	75.03	43.77	1.65	19.86	0.65	7.81
40	67.88	45.25	1.49	17.83	0.70	8.38
45	62.14	46.61	1.35	16.23	0.75	9.05
50	57.42	47.85	1.24	14.93	0.82	9.86
55	53.46	49.00	1.15	13.85	0.91	10.87

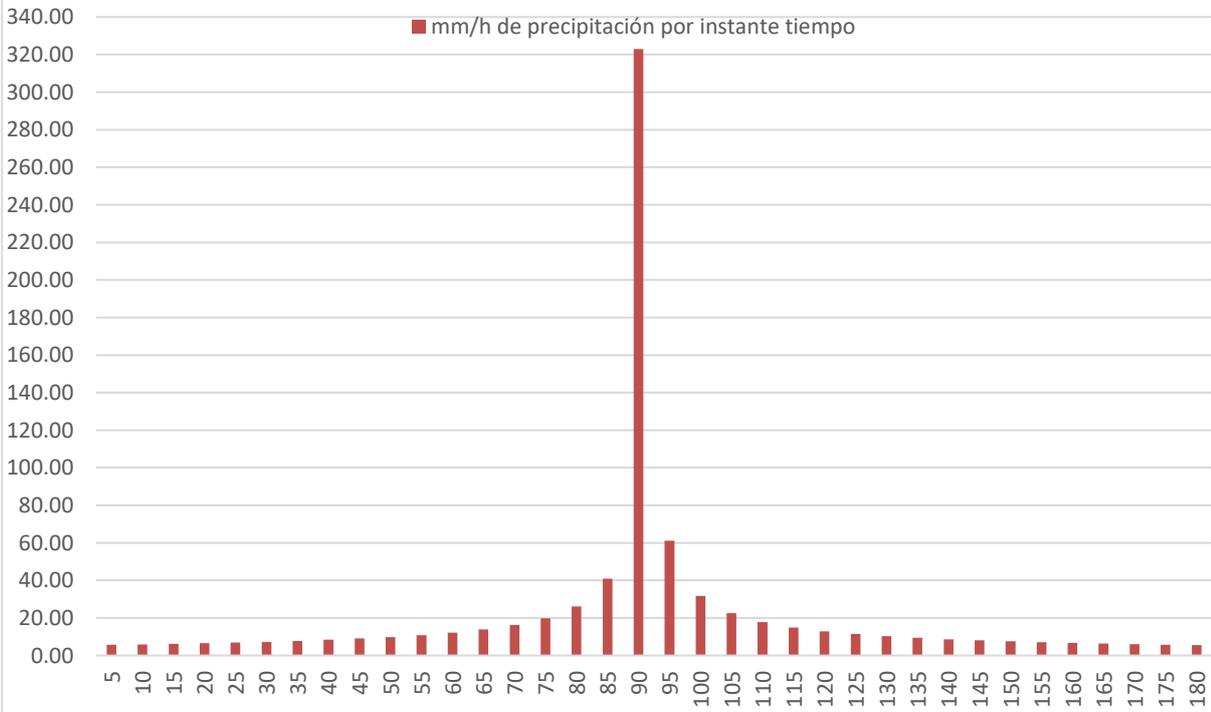
60	50.08	50.08	1.08	12.93	1.01	12.15
65	47.16	51.09	1.01	12.15	1.15	13.85
70	44.61	52.05	0.96	11.47	1.35	16.23
75	42.36	52.95	0.91	10.87	1.65	19.86
80	40.36	53.82	0.86	10.34	2.18	26.20
85	38.57	54.64	0.82	9.86	3.41	40.96
90	36.95	55.42	0.79	9.44	26.91	322.89
95	35.48	56.18	0.75	9.05	5.09	61.09
100	34.14	56.90	0.73	8.70	2.64	31.69
105	32.91	57.60	0.70	8.38	1.88	22.52
110	31.79	58.27	0.67	8.09	1.49	17.83
115	30.74	58.93	0.65	7.81	1.24	14.93
120	29.78	59.56	0.63	7.56	1.08	12.93
125	28.88	60.17	0.61	7.33	0.96	11.47
130	28.04	60.76	0.59	7.11	0.86	10.34
135	27.26	61.34	0.58	6.91	0.79	9.44
140	26.53	61.90	0.56	6.72	0.73	8.70
145	25.84	62.44	0.55	6.54	0.67	8.09
150	25.19	62.97	0.53	6.38	0.63	7.56
155	24.58	63.49	0.52	6.22	0.59	7.11
160	24.00	64.00	0.51	6.07	0.56	6.72
165	23.45	64.49	0.49	5.93	0.53	6.38
170	22.93	64.97	0.48	5.80	0.51	6.07
175	22.44	65.45	0.47	5.67	0.48	5.80
180	21.97	65.91	0.46	5.55	0.46	5.55



Hietograma precipitación T500



Distribución intensidades precipitación T500



A. 5 Calculo de Curvas IDF por Frederich Bell

$$\text{Ecuación : } I_{\text{máx}} = 117.8475 * T^{(0.2040)} * D^{(-0.5535)}$$

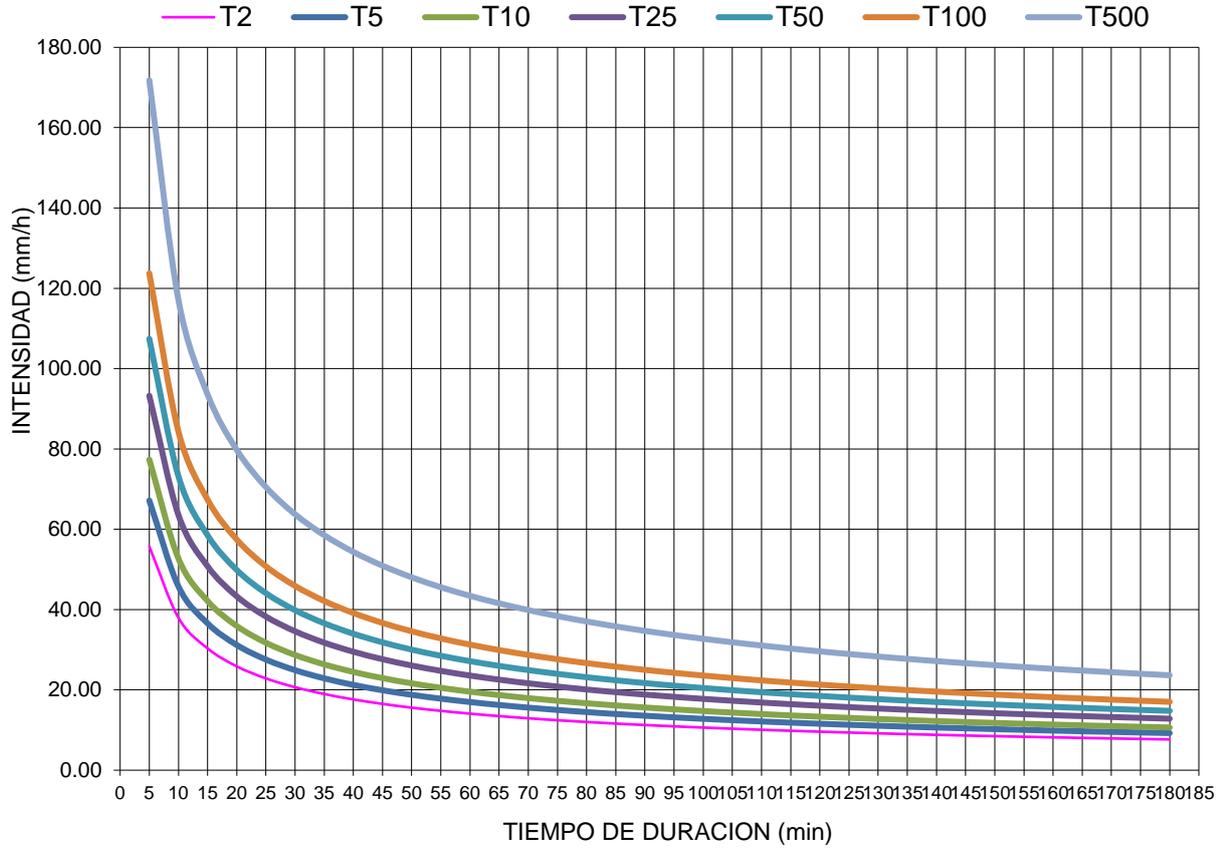
t = Duracion (Hora)

T= Tiempo de retorno

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	55.70	67.15	77.35	93.24	107.41	123.72	171.80
10	37.95	45.75	52.70	63.53	73.18	84.30	117.06
15	30.32	36.55	42.11	50.76	58.47	67.35	93.53
20	25.86	31.17	35.91	43.29	49.86	57.44	79.76
25	22.85	27.55	31.74	38.26	44.07	50.76	70.49
30	20.66	24.91	28.69	34.59	39.84	45.89	63.73
35	18.97	22.87	26.34	31.76	36.58	42.14	58.52
40	17.62	21.24	24.47	29.50	33.98	39.14	54.35
45	16.51	19.90	22.92	27.63	31.83	36.67	50.92
50	15.57	18.77	21.62	26.07	30.03	34.59	48.03
55	14.77	17.81	20.51	24.73	28.49	32.81	45.56
60	14.08	16.97	19.55	23.57	27.15	31.27	43.42
65	13.47	16.24	18.70	22.55	25.97	29.91	41.54
70	12.93	15.58	17.95	21.64	24.93	28.71	39.87
75	12.44	15.00	17.28	20.83	23.99	27.64	38.38
80	12.01	14.47	16.67	20.10	23.15	26.67	37.03
85	11.61	14.00	16.12	19.43	22.39	25.79	35.81
90	11.25	13.56	15.62	18.83	21.69	24.98	34.69
95	10.92	13.16	15.16	18.27	21.05	24.25	33.67
100	10.61	12.79	14.73	17.76	20.46	23.57	32.73
105	10.33	12.45	14.34	17.29	19.92	22.94	31.86
110	10.07	12.13	13.98	16.85	19.41	22.36	31.05
115	9.82	11.84	13.64	16.44	18.94	21.81	30.29
120	9.59	11.56	13.32	16.06	18.50	21.31	29.59
125	9.38	11.30	13.02	15.70	18.08	20.83	28.92
130	9.18	11.06	12.74	15.36	17.69	20.38	28.30
135	8.99	10.83	12.48	15.04	17.33	19.96	27.72
140	8.81	10.62	12.23	14.74	16.98	19.56	27.17
145	8.64	10.41	12.00	14.46	16.66	19.19	26.64
150	8.48	10.22	11.77	14.19	16.35	18.83	26.15
155	8.32	10.04	11.56	13.94	16.05	18.49	25.68
160	8.18	9.86	11.36	13.69	15.77	18.17	25.23
165	8.04	9.69	11.17	13.46	15.51	17.86	24.80
170	7.91	9.54	10.98	13.24	15.25	17.57	24.40
175	7.78	9.38	10.81	13.03	15.01	17.29	24.01
180	7.66	9.24	10.64	12.83	14.78	17.02	23.64

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION



Area delimitada (estudio)	Periodo de retorno	Precipitación en 24 horas	Intensidad	Aforo Caudales pico
(km ²)	(Tc)	(mm)	(mm/h)	(m ³ /s)
9.073	2	33.24	7.66	2.90
	5	40.49	9.24	5.70
	10	44.89	10.64	9.00
	25	50.12	12.83	15.10
	50	53.80	14.78	21.50
	100	57.35	17.02	29.50
	500	65.27	23.64	55.80

TRAMOS	PERIODO DE RETORNO							
	2	5	10	25	50	100	500	
Aforo Calle Daniel A. Carrion	F1 (m ³ /s)	2.90	5.70	9.00	15.10	21.50	29.50	55.80

Calle Daniel A. Carrion	Calle Arequipa	F2 (m3/s)	2.90	5.60	8.80	14.90	21.00	28.60	53.30
Calle Arequipa	Avenida Ferrocarril	F3 (m3/s)	2.60	5.10	8.10	13.50	19.00	26.30	49.90
Avenida Ferrocarril	Calle San Agustin	F4 (m3/s)	2.50	4.90	7.50	12.50	17.40	23.60	43.30
Calle San Agustin	Avenida Orion	F5 (m3/s)	1.70	3.40	5.20	8.40	11.60	15.40	27.90
Avenida Orion	Calle Alpha	F6 (m3/s)	1.30	2.50	3.70	6.00	8.30	11.20	20.40
Calle Alpha	Avenida La Alameda	F7 (m3/s)	1.00	2.10	3.20	5.40	7.50	10.10	18.40
Avenida La Alameda	Avenida Guardia Civil (Parq)	F8 (m3/s)	0.40	0.90	1.50	2.70	3.80	5.10	9.60
Avenida Guardia Civil (Parq)	Avenida Circunvalacion	F9 (m3/s)	0.40	0.90	1.50	2.70	3.80	5.10	9.60

Fuente: Elaboración Propia

A. 6 Calculo de Curvas IDF por IILA SENAMHI

Donde:

$i(t,T)$: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a : Parámetro de intensidad (mm).

K : Parámetro de frecuencia (adimensional).

b : Parámetro de tiempo (hora).

n : Parámetro de duración (adimensional).

t : Duración (hora).

T_g

E_g 123.8

$K'g$

b

t = Duracion (Hora)

T = Tiempo de retorno

$$i(t,T) = a((1 + k \log T)^n * (t + b)^{n-1})$$

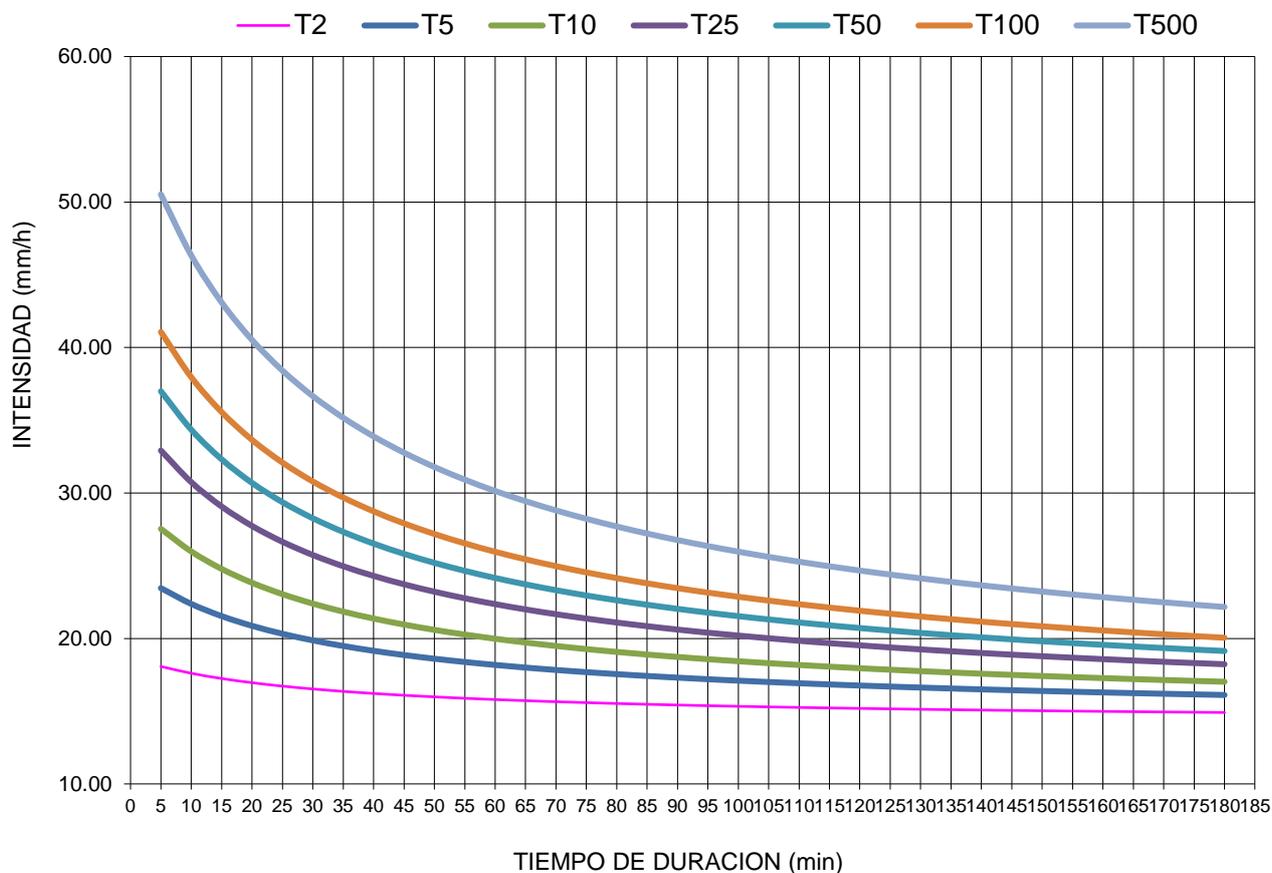
T_g	14.800	Peru	n	0.232
E_g	26.600		a	14.000
$K'g$	0.553		a	14.236
b	0.400			

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	18.07	23.46	27.53	32.92	36.99	41.06	50.52
10	17.61	22.37	25.98	30.74	34.35	37.95	46.32
15	17.24	21.53	24.78	29.07	32.31	35.56	43.09
20	16.96	20.87	23.82	27.73	30.69	33.65	40.52
25	16.72	20.32	23.04	26.64	29.37	32.09	38.41

30	16.53	19.87	22.39	25.74	28.26	30.79	36.66
35	16.36	19.48	21.84	24.96	27.32	29.69	35.17
40	16.22	19.15	21.37	24.30	26.52	28.74	33.88
45	16.09	18.86	20.95	23.72	25.81	27.91	32.77
50	15.98	18.61	20.59	23.21	25.20	27.18	31.79
55	15.89	18.38	20.27	22.76	24.65	26.54	30.92
60	15.80	18.18	19.98	22.36	24.16	25.96	30.14
65	15.72	18.00	19.72	22.00	23.72	25.44	29.44
70	15.65	17.83	19.48	21.67	23.32	24.97	28.80
75	15.59	17.68	19.27	21.37	22.95	24.54	28.22
80	15.53	17.55	19.07	21.09	22.62	24.15	27.70
85	15.47	17.42	18.89	20.84	22.32	23.79	27.21
90	15.42	17.31	18.73	20.61	22.03	23.46	26.76
95	15.38	17.20	18.58	20.40	21.77	23.15	26.35
100	15.33	17.10	18.43	20.20	21.53	22.87	25.97
105	15.29	17.01	18.30	20.01	21.31	22.60	25.61
110	15.26	16.92	18.18	19.84	21.10	22.35	25.27
115	15.22	16.84	18.06	19.68	20.90	22.12	24.96
120	15.19	16.76	17.95	19.53	20.71	21.90	24.67
125	15.16	16.69	17.85	19.38	20.54	21.70	24.39
130	15.13	16.62	17.75	19.25	20.38	21.51	24.13
135	15.10	16.56	17.66	19.12	20.22	21.33	23.89
140	15.08	16.50	17.58	19.00	20.08	21.15	23.65
145	15.05	16.44	17.50	18.89	19.94	20.99	23.43
150	15.03	16.39	17.42	18.78	19.81	20.84	23.22
155	15.01	16.34	17.34	18.67	19.68	20.69	23.03
160	14.99	16.29	17.27	18.58	19.56	20.55	22.84
165	14.97	16.24	17.21	18.48	19.45	20.41	22.66
170	14.95	16.20	17.14	18.39	19.34	20.29	22.48
175	14.93	16.15	17.08	18.31	19.24	20.17	22.32
180	14.91	16.11	17.02	18.23	19.14	20.05	22.16

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION



Area delimitada (estudio)	Periodo de retorno	Precipitación en 24 horas	Intensidad	Aforo Caudales pico
(km ²)	(Tc)	(mm)	(mm/h)	(m ³ /s)
9.073	2	31.03	14.91	15.3
9.073	5	36.88	16.11	17.5
9.073	10	41.31	17.02	19.1
9.073	25	47.16	18.23	21.5
9.073	50	51.59	19.14	24.3
9.073	100	56.02	20.05	27.3
9.073	500	66.3	22.16	34.7

	TRAMOS		PERIODO DE RETORNO						
			2	5	10	25	50	100	500
Aforo	Calle Daniel A. Carrion	F1 (m ³ /s)	15.30	17.50	19.10	21.50	24.30	27.30	34.70
Calle Daniel A. Carrion	Calle Arequipa	F2 (m ³ /s)	14.70	16.50	17.70	19.70	22.40	25.10	32.20

Calle Arequipa	Avenida Ferrocarril	F3 (m3/s)	12.10	13.40	14.50	16.30	18.70	21.20	27.40
Avenida Ferrocarril	Calle San Agustin	F4 (m3/s)	9.40	10.20	10.70	12.90	14.80	16.80	21.90
Calle San Agustin	Avenida Orion	F5 (m3/s)	5.70	6.10	6.60	8.10	9.30	10.60	13.80
Avenida Orion	Calle Alpha	F6 (m3/s)	3.90	4.20	4.60	5.70	6.50	7.40	9.60
Calle Alpha	Avenida La Alameda	F7 (m3/s)	3.20	3.40	3.80	4.70	5.40	6.10	8.00
Avenida La Alameda	Avenida Guardia Civil (Parq)	F8 (m3/s)	1.60	1.70	1.80	2.30	2.60	3.00	4.00
Avenida Guardia Civil (Parq)	Avenida Circunvalacion	F9 (m3/s)	1.60	1.70	1.80	2.30	2.60	3.00	4.00

Fuente: Elaboración Propia

A. 7 Tiempo de concentración que más se ajusta a la cuenca

Tiempo de concentracion	Simbolo	Valor	Unid	Cumple
Kirpich (1940)	Tc	0.352	hrs	No
Kirpich (1940)	Tc	0.353	hrs	No
California Culverts Practice(1942)	Tc	0.353	hrs	No
Federal Aviation Administration (1970)	Tc	0.341	hrs	No
ecuacion de retardo SCS (1973)	Tc	1.039	hrs	No
California Culvert Practice (1942)	Tc	0.588	hrs	Si
Kirpich	Tc	1.116	hrs	Si
Kirpich	Tc	1.120		Si
formula california	Tc	1.116	hrs	Si
SCS -Ranser	Tc	0.380	hrs	No
Temez (1978)	Tc	0.724	hrs	Si
Bransby Williams	Tc	1.840	hrs	Si

A. 8 Caudales máximos por Método Racional.

Caudales máximos Método Racional.

K= 64.42

m= 0.193

n= 0.527

T= 2 años

T= 5 años

T= 10 años

T= 25 años

T= 50 años

T= 100 años

T= 500 años

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Estación Santa Ana

Nº	Nombre (Km ³ /s)	Ubicación Km.	Area	Desnivel	Longitud	Pendiente	Tiempo de	
			A (Km ²)	H (m.)	del cauce L(m)	S (m/m)	Concentración	Tc
					L (m.)		horas	minutos
1	Rio florido_Actual	0+000	5.98	733	5,963	0.123	1.08	65.00
2	Area de estudio	0+000	9.07	733	5,963	0.123	1.07	64.30

Intensidad mm/hora							Caudal Máximo						
T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500
8.16	9.74	11.14	13.29	15.20	17.38	23.71	8.41	10.04	11.48	13.70	15.66	17.91	24.44
8.21	9.80	11.20	13.37	15.28	17.47	23.85	12.82	15.31	17.50	20.89	23.88	27.31	37.27

Estimación del Coeficiente de escorrentía C								
Ubicación			K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K	C
Río								
1	Florido_Actual	0+000	30	15	15	10	70	0.62
2	Area de estudio	0+000	30	15	15	10	70	0.62

K1: Relieve del terreno, plano pendiente inferior al 30%

K2: Permeabilidad del suelo, bastante impermeable zona urbana

K3: Vegetación, poca menos del 10% de la superficie

K4: capacidad de retención, bastante

A. 9 Calculo de numero de curva según delimitación de estudio

Cuenca: SubC1		Tipo de suelo		C y D			
Unidad: Río							
Funcional: Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.313	28.45	89	100	0	89.0	81.8
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetación	0.375	34.09	91	100	0	91.0	
Tierra	0.168	15.27	89	100	0	89.0	
Urbanización > 10000m ²	0.202	18.36	82	88	12	72.2	
	0.042	3.82	77	88	12	67.8	
Totales	1.100	100.00					

Cuenca: SubC2		Tipo de suelo		C y D			
---------------	--	---------------	--	-------	--	--	--

Unidad Funcional:	Rio Florido						
Uso del suelo	Área (Km²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.020	2.79	89				84.1
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.517	72.11	91	100	0	91.0	
Tierra	0.045	6.28	89	100	0	89.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.135	18.83	82	88	12	72.2	
Totales	0.717	100.00					

Cuenca:	SubC3	Tipo de suelo D					
Unidad Funcional:	Rio Florido						
Uso del suelo	Área (Km²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.007	2.71	89	100	0	89.0	86.0
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.148	57.36	94	100	0	94.0	
Tierra	0.026	10.08	89	100	0	89.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.077	29.84	82	88	12	72.2	
Totales	0.258	100.00					

Cuenca:	SubC4	Tipo de suelo D					
Unidad Funcional:	Rio Florido						
Uso del suelo	Área (Km²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.015	2.52	89	100	0	89.0	86.0
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.536	90.08	94	100	0	94.0	
Tierra	0.009	1.51	89	100	0	89.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.035	5.88	82	88	12	72.2	
Totales	0.595	100.00					

Cuenca:	SubC5	Tipo de suelo C y D					
Unidad Funcional:	Rio Florido						
Uso del suelo	Área (Km²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.012	4.07	86	100	0	86.0	84.5
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.271	91.86	91	100	0	91.0	
Tierra	0.011	3.73	89	100	0	89.0	

Urbanizacion > 10000m2	0.001	0.34	82	88	12	72.2	
Totales	0.295	100.00					

Cuenca: <u>SubC6</u>		Tipo de suelo		<u>C y D</u>				
Unidad								
Funcional: Rio Florido								
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado	
Pasto <50%	0.000	0.00	91				82.6	
Comerciales	0.000	0.00						
Estacionamiento	0.000	0.00						
Vegetacion	0.307	93.37		100	0	91.0		
Tierra	0.002	0.55		89	100	0		89.0
Urbanizacion > 10000m2	0.020	6.08		77	88	12		67.8
Totales	0.329	100.00						

Cuenca: <u>SubC7</u>		Tipo de suelo		<u>C y D</u>			
Unidad							
Funcional: Rio Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.116	25.33	89	100	0	89.0	84.9
Comerciales	0.000	0.00					
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.069	15.07	94	100	0	94.0	
Tierra	0.114	24.89	89	100	0	89.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.159	34.72	77	88	12	67.8	
Totales	0.458	100.00					

Cuenca: <u>SubCurb1</u>		Tipo de suelo		<u>C y D</u>			
Unidad							
Funcional: Rio Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.058	6.73	89	100	0	89.0	76.3
	0.032	3.71	86	100	0	86.0	
Comerciales	0.109	12.65	95	15	85	14.3	
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.007	0.81	94	100	0	94.0	

Tierra	0.111	12.88	89	100	0	89.0	
Pavimentados	0.072	8.35	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.365	42.34	82	88	12	72.2	
	0.108	12.53	77	88	12	67.8	
Totales	0.862	100.00					

Cuenca: <u>SubCUrb2</u>		Tipo de suelo <u>D</u>					
Unidad							
Funcional: Rio Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.050	3.12	89	100	0	89.0	68.9
Comerciales	0.143	8.92	95	15	85	14.3	
Industrial	0.043	2.66	93	28	72	26.0	
Vegetacion	0.035	2.18	94	100	0	94.0	
Tierra	0.054	3.37	89	100	0	89.0	
Pavimentados	0.330	38.28	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.948	59.15	82	88	12	72.2	
Totales	1.603	100.00					

Cuenca: <u>SubCUrb3</u>		Tipo de suelo <u>D</u>					
Unidad							
Funcional: Rio Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.050	3.74	89	100	0	89.0	79.2
Comerciales	0.602	45.06	95	15	85	14.3	
Estacionamiento	0.042	3.14	98	100	0	98.0	
Vegetacion	0.010	0.75	94	100	0	94.0	
Tierra	0.042	3.15	89	100	0	89.0	
Pavimentados	0.282	32.71	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.308	23.05	82	88	12	72.2	
Totales	1.336	100.00					

Cuenca: <u>SubCUrb4</u>		Tipo de suelo <u>D</u>					
Unidad		Rio					
Funcional: Florido							
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.011	4.00	89	100	0	89.0	68.4

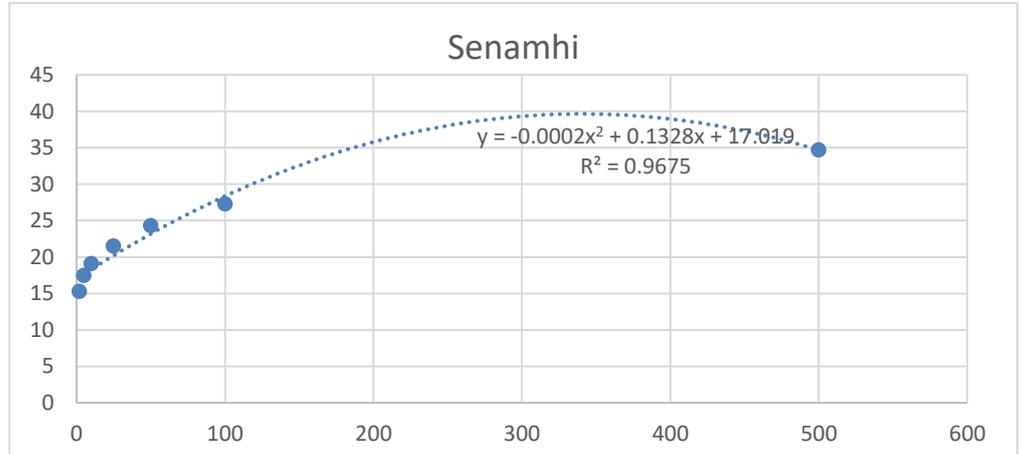
Comerciales	0.131	47.64	95	15	85	14.3	
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.000	0.00					
Pavimentados	0.017	6.18	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.116	42.18	82	88	12	72.2	
Totales	0.275	100.00					

Cuenca:	SubCUrb5	Tipo de suelo		B y D			
Unidad	Rio						
Funcional:	Florido						
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.000	0.00					70.8
Comerciales	0.135	20.48	95	15	85	14.3	
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.072	10.92	94	100	0	94.0	
Tierra	0.014	2.17	89	100	0	89.0	
Pavimentados	0.064	23.27	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.237	35.95	82	88	12	72.2	
	0.137	20.78	65	88	12	57.2	
Totales	0.659	100.00					

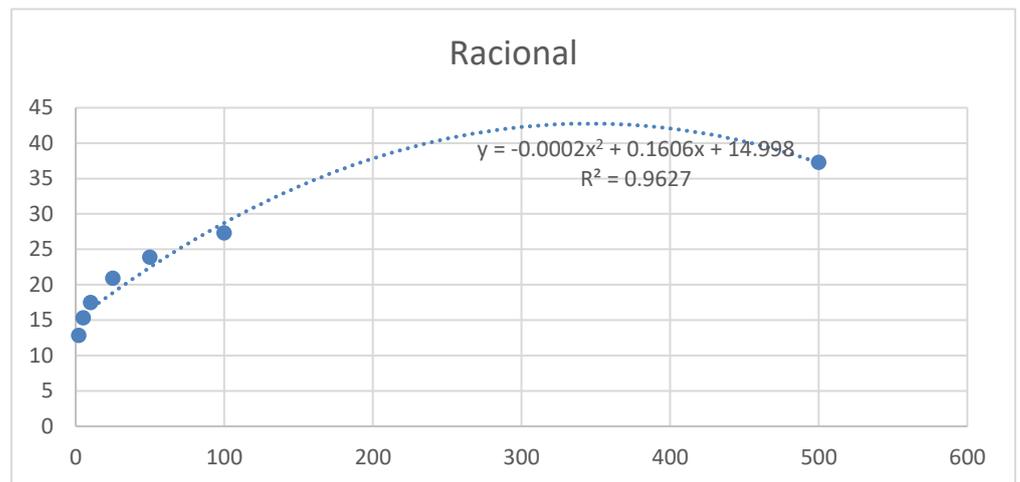
Cuenca:	SubCUrb6	Tipo de suelo		B y D			
Unidad	Rio						
Funcional:	Florido						
Uso del suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	CN	% Area Permeable	% Impermeable	CN*% Area Permeable	CN Ponderado
Pasto <50%	0.000	0.00					70.8
Comerciales	0.189	32.36	95	15	85	14.3	
Estacionamiento	0.000	0.00					
Vegetacion	0.042	7.19	94	100	0	94.0	
Tierra	0.014	2.40	89	100	0	89.0	
Pavimentados	0.102	37.09	98	100	0	98.0	
Urbanizacion > 10000m2	0.237	40.58	82	88	12	72.2	
	0.160	24.27	65	88	12	57.2	
Totales	0.584	100.00					

A. 10 Coeficiente de determinación del valor R cuadrado que más se ajusta a la línea de tendencia polinómica.

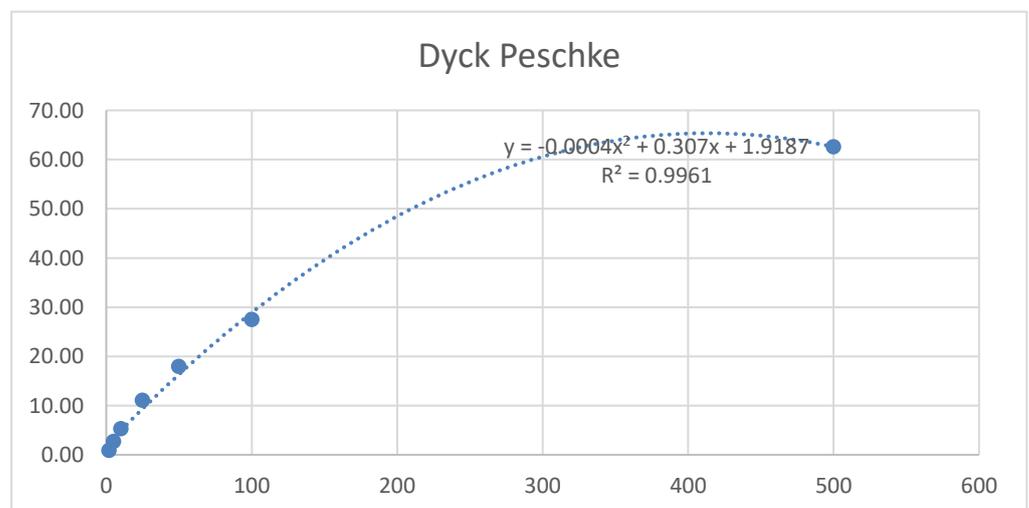
SENAMHI	
T	Q
2	15.3
5	17.5
10	19.1
25	21.5
50	24.3
100	27.3
500	34.7



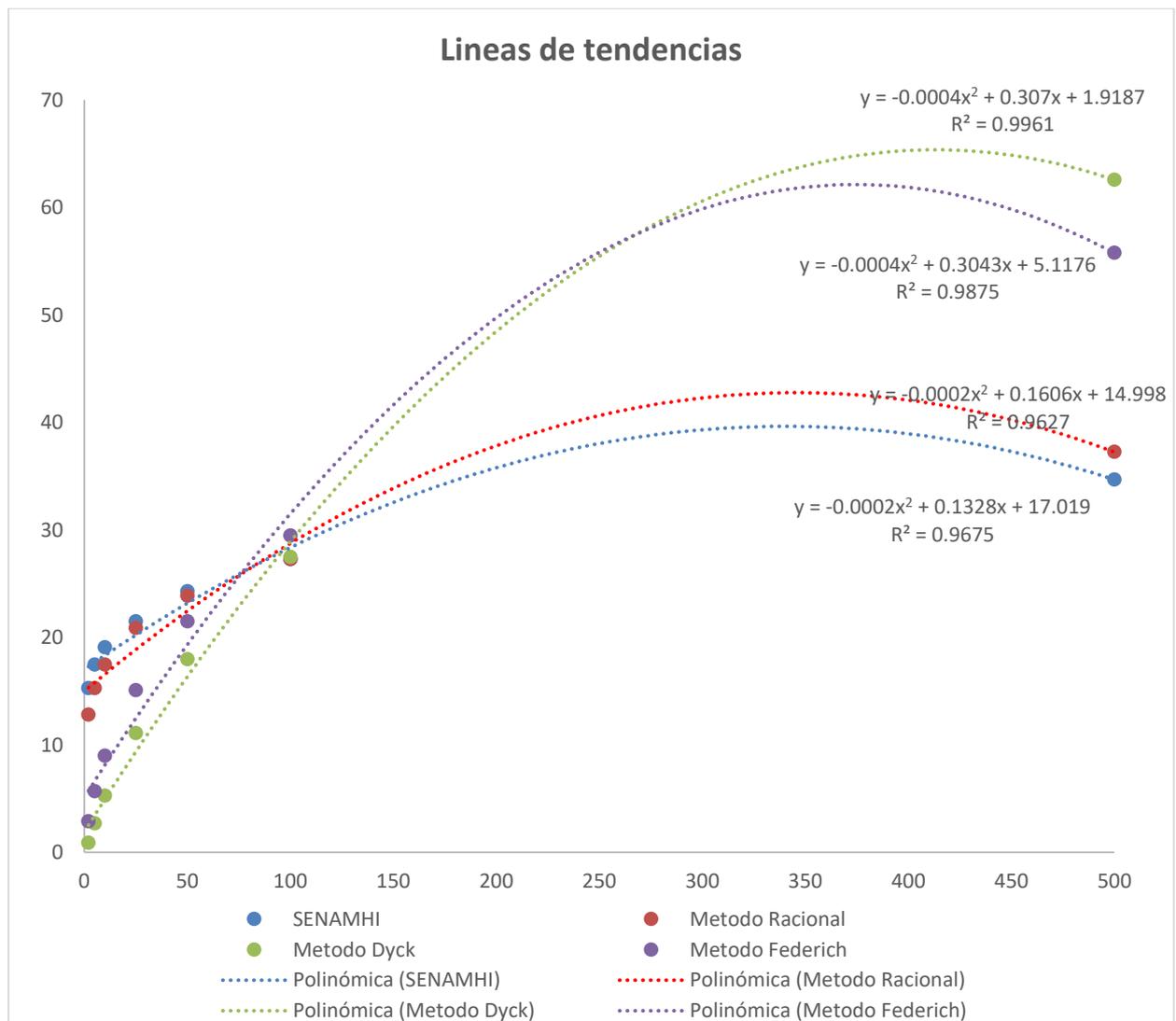
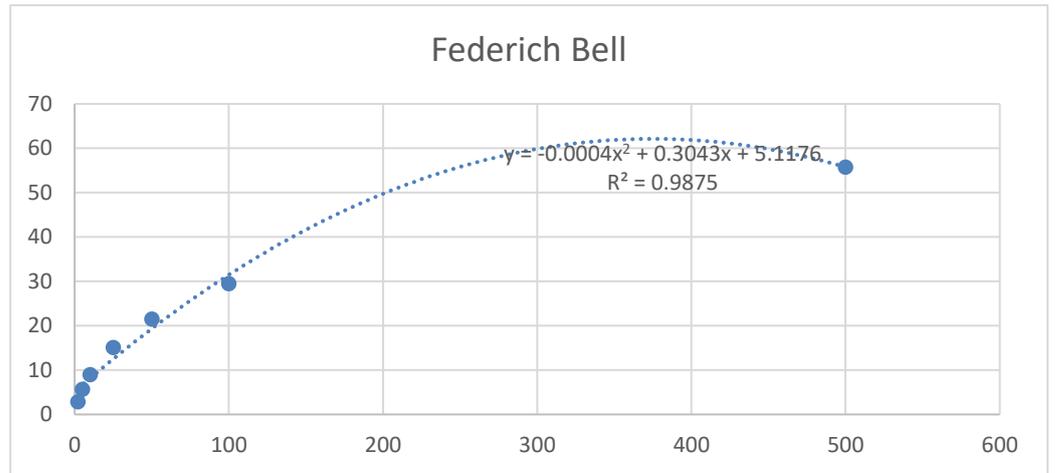
Metodo Racional	
T	Q
2	12.82
5	15.31
10	17.5
25	20.89
50	23.88
100	27.31
500	37.27



Metodo Dyck	
T	Q
2	0.90
5	2.70
10	5.30
25	11.10
50	18.00
100	27.50
500	62.60



Metodo Federich	
T	Q
2	2.9
5	5.7
10	9
25	15.1
50	21.5
100	29.5
500	55.8



Panel fotográfico

Fotografía 1 situación en una caída de lluvia en la ciudad de Huancayo



Fotografía 2 Calle intransitada por falta de evacuación de agua pluviales



Fotografía 3 Colapso de los buzones ubicado en Av. Giráldez entre Av. Ferrocarril



Fuente:<https://elcomercio.pe/peru/junin/huancayo-centro-comercial-queda-inundado-lluvia-torrencial-noticia-619951>

Fotografía 4 Establecimientos afectados por intensas precipitación



Fuente:<https://elcomercio.pe/peru/junin/huancayo-centro-comercial-queda-inundado-lluvia-torrencial-noticia-619951>

Fotografía 5 reportes periodísticos sobre la situación actual del sistema de drenaje

»Drenaje pluvial en Huancayo
Ha colapsado por su antigüedad e informalidad

17% de población en Huancayo no cuenta con red de alcantarillado ni desagüe pluvial

80% de población en Chilca, no cuenta con red de desagüe pluvial

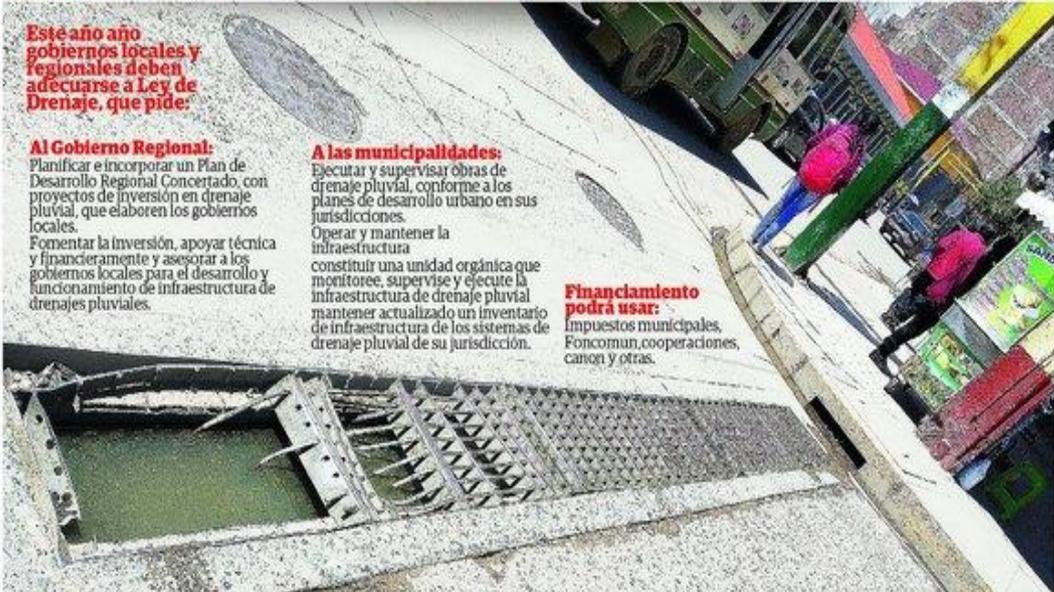
Más de **35** años de antigüedad tienen tubos de alcantarillado al que también se conectan desagües pluviales

Este año gobiernos locales y regionales deben adecuarse a Ley de Drenaje, que pide:

Al Gobierno Regional:
Planificar e incorporar un Plan de Desarrollo Regional Concertado, con proyectos de inversión en drenaje pluvial, que elaboren los gobiernos locales.
Fomentar la inversión, apoyar técnica y financieramente y asesorar a los gobiernos locales para el desarrollo y funcionamiento de infraestructura de drenajes pluviales.

A las municipalidades:
Ejecutar y supervisar obras de drenaje pluvial, conforme a los planes de desarrollo urbano en sus jurisdicciones.
Operar y mantener la infraestructura constituir una unidad orgánica que monitoree, supervise y ejecute la infraestructura de drenaje pluvial mantener actualizado un inventario de infraestructura de los sistemas de drenaje pluvial de su jurisdicción.

Financiamiento podrá usar:
Impuestos municipales, Foncomun, cooperaciones, canon y otras.



Fuente: Diario Coreo, (7 de febrero del 2019)

Fotografía 6 Inspección de los buzones obstruidos con el personal de Sedam



Fotografía 7 visita y tomas de datos del aforo de nuestro río.



Fotografía 8 Toma de datos de campo en los primeros tramos de la cuenca baja del río Florido



Fotografía 9 Mediciones de huella máxima en tramos de Aforo



Fotografía 10 Verificación del tramo de estudio



Fotografía 11 Toma de medidas de las dimensiones de la alcantarilla a la espalda del colegio saco oliveros.



Fotografía 12 Mediciones del alcantarilla existente en el tramo



Fotografía 13 Toma de datos con GPS en los tramo del rio



Fotografía 14 Verificación de las alcantarillas existentes.



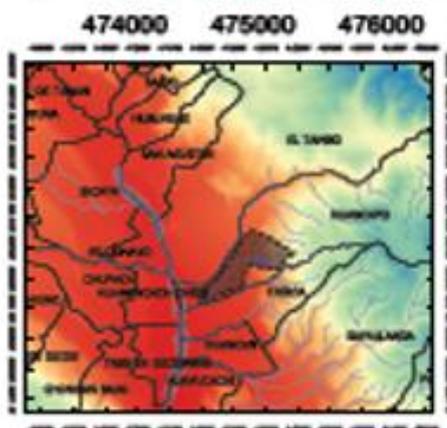
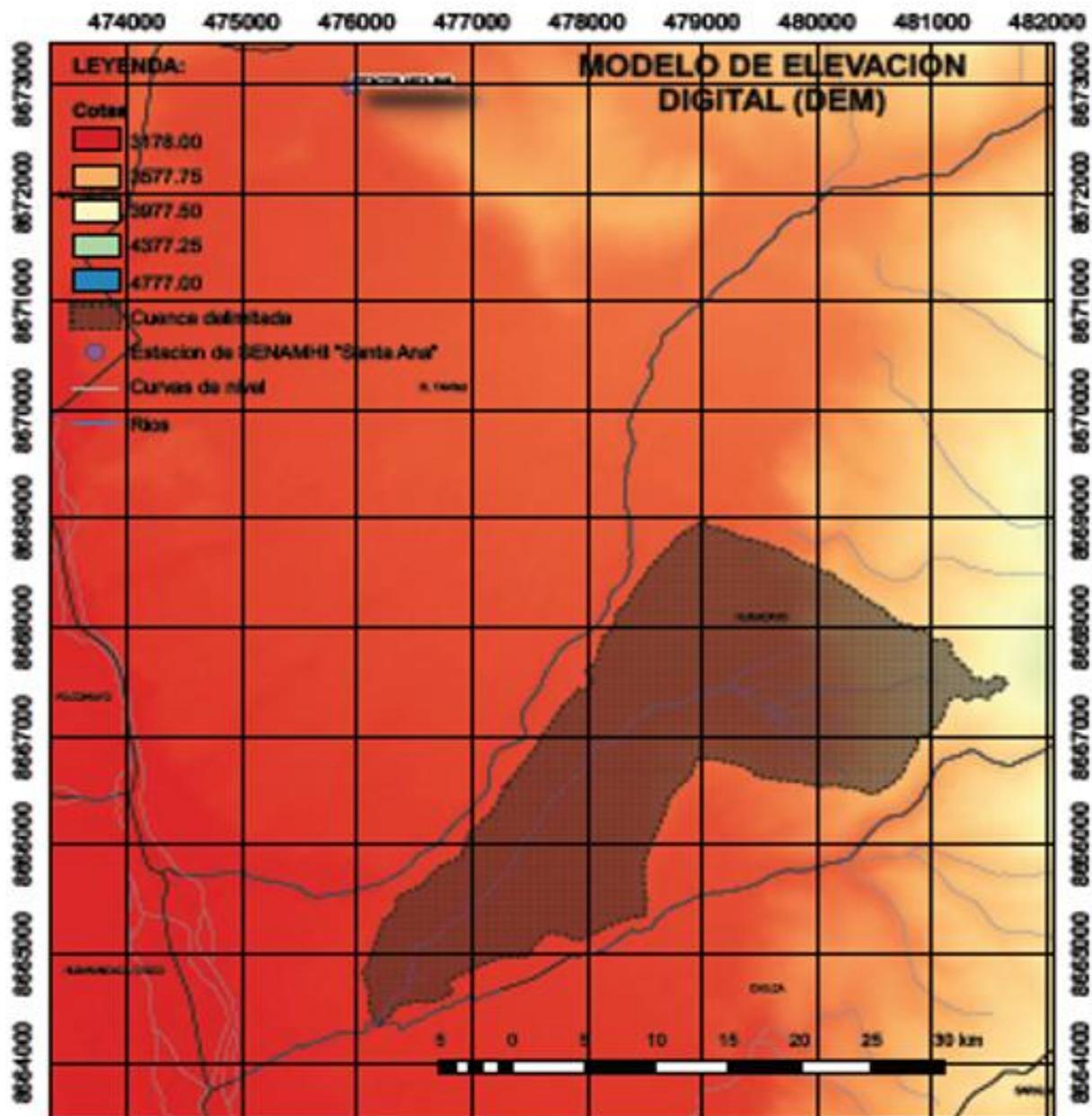
Fotografía 15 Mediciones de los riachuelos en la parte de la cuenca alta



Fotografía 16 Contrastación de los afluentes en el tramo



Planos



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



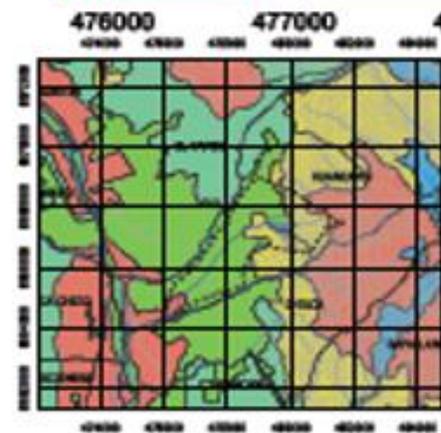
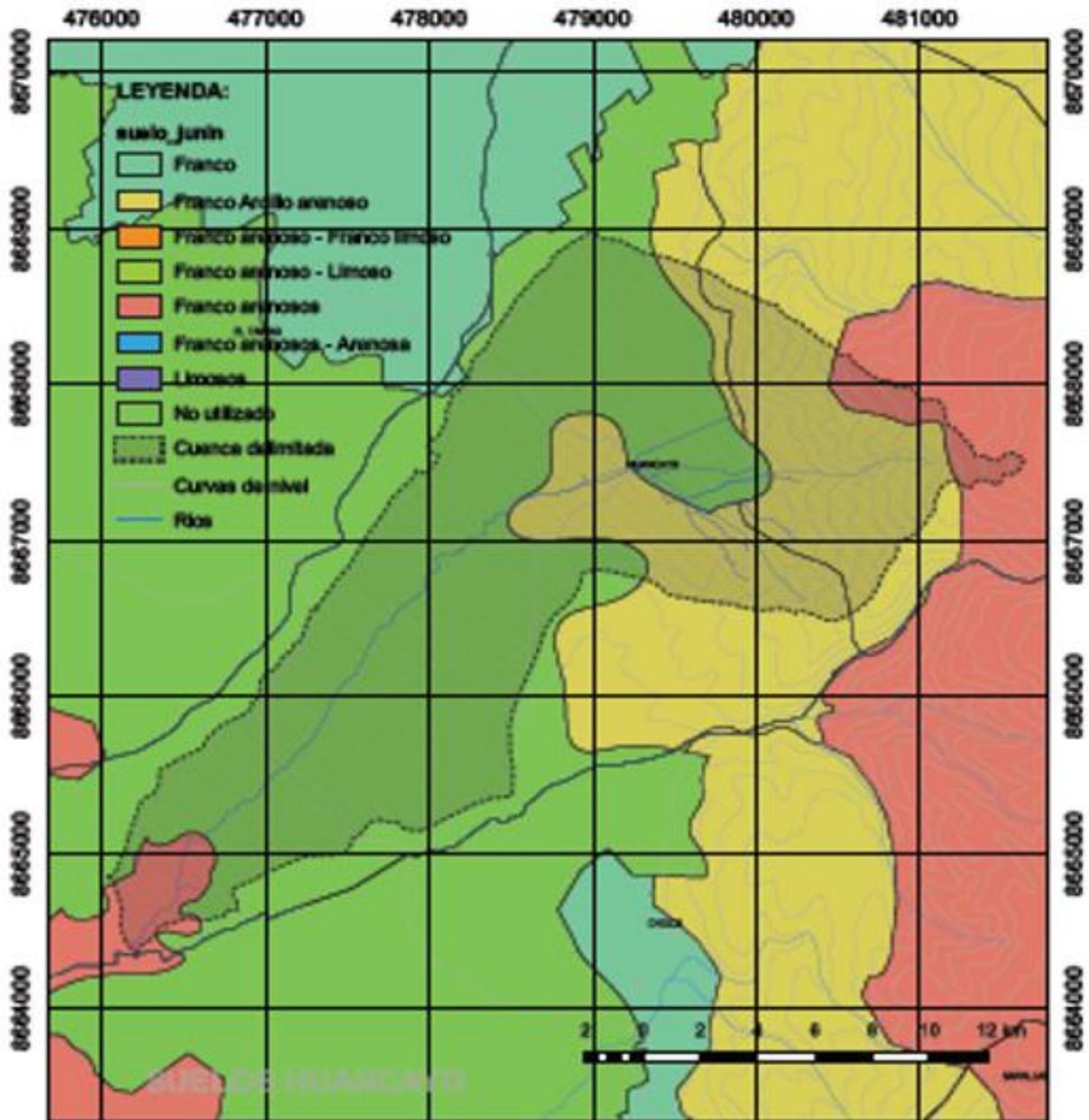
TÍTULO:
"MODELAMIENTO HORARIO DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION EN LA EVACUACION DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CUENCA DE HUANUCO"

MAPA: **UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

FUENTE:
AEROS ODEM versión 2000,
Estado de los usos de
suelo

Elaboración:
Rolan Cesar Curo Salazar
Fecha:
Febrero, 2009

Escala de Imagen:
1:50000
Código de Hoja:
Plano 01



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



TESIS:
"MODELAMIENTO MORFOLÓGICO DE LA INTENSIDAD DE FRECUENCIA EN LA EVOLUCIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO"

MAPA:

SUELOS DE HUANCAYO

FUENTE:

IGD-GIS PERU
(Sitio web: www.ign.gob.pe)

Elaboración:

Roberto César Curo Salazar

Escala de legados:

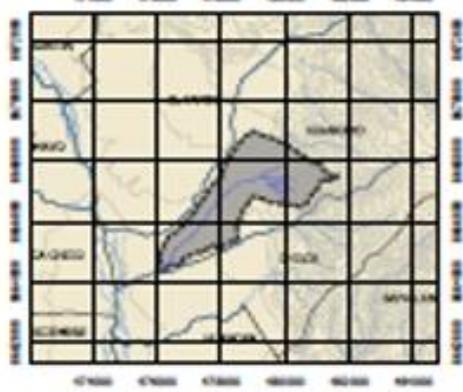
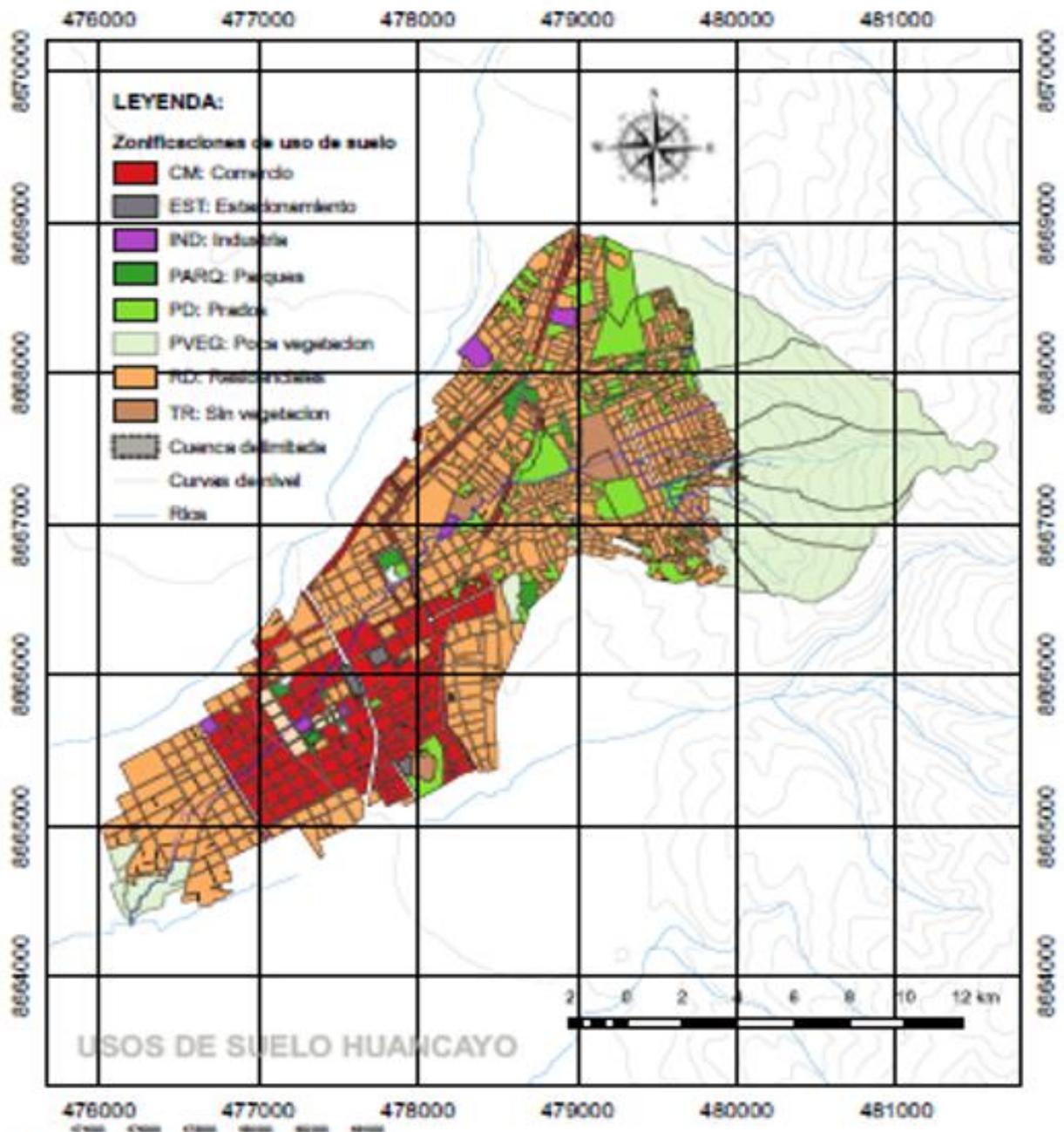
1:25000

Fecha:

Febrero, 2009

Código de temas:

Plano 02

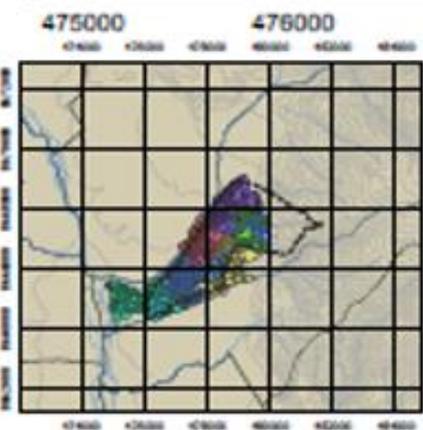
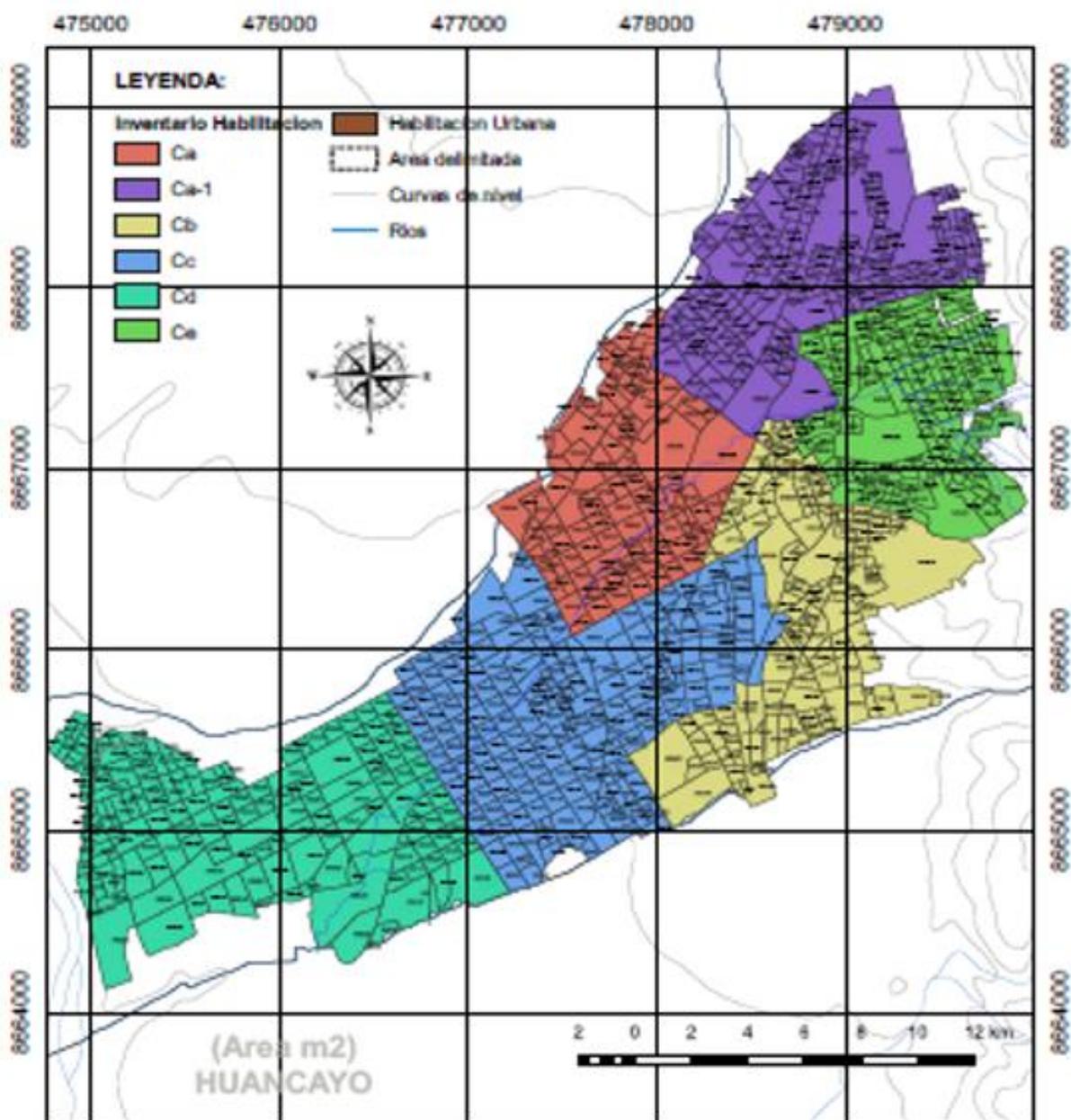



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES


TESIS:
 "MODERNIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DE LA INTENSIDAD DE PERDENCIA EN LA FACULTAD DE LAS AGUAS PUNALES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO"

MAPA: **USOS DEL SUELO**

FUENTE: MODIFICADO SEGUN EL PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO DE HUANCAYO 2017 - 2027	Elaboración: Rolan Cesar Curo Salazar	Escala de Impresión: 1:25000
	Fecha: Febrero, 2020	Código de línea: Plano 03



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



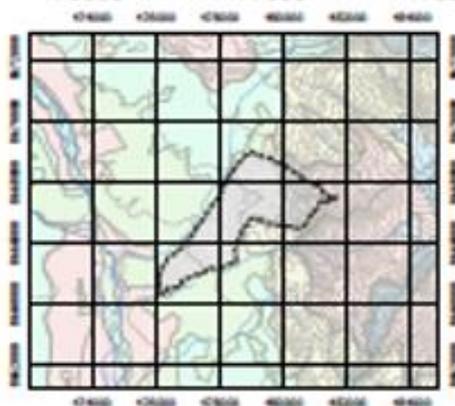
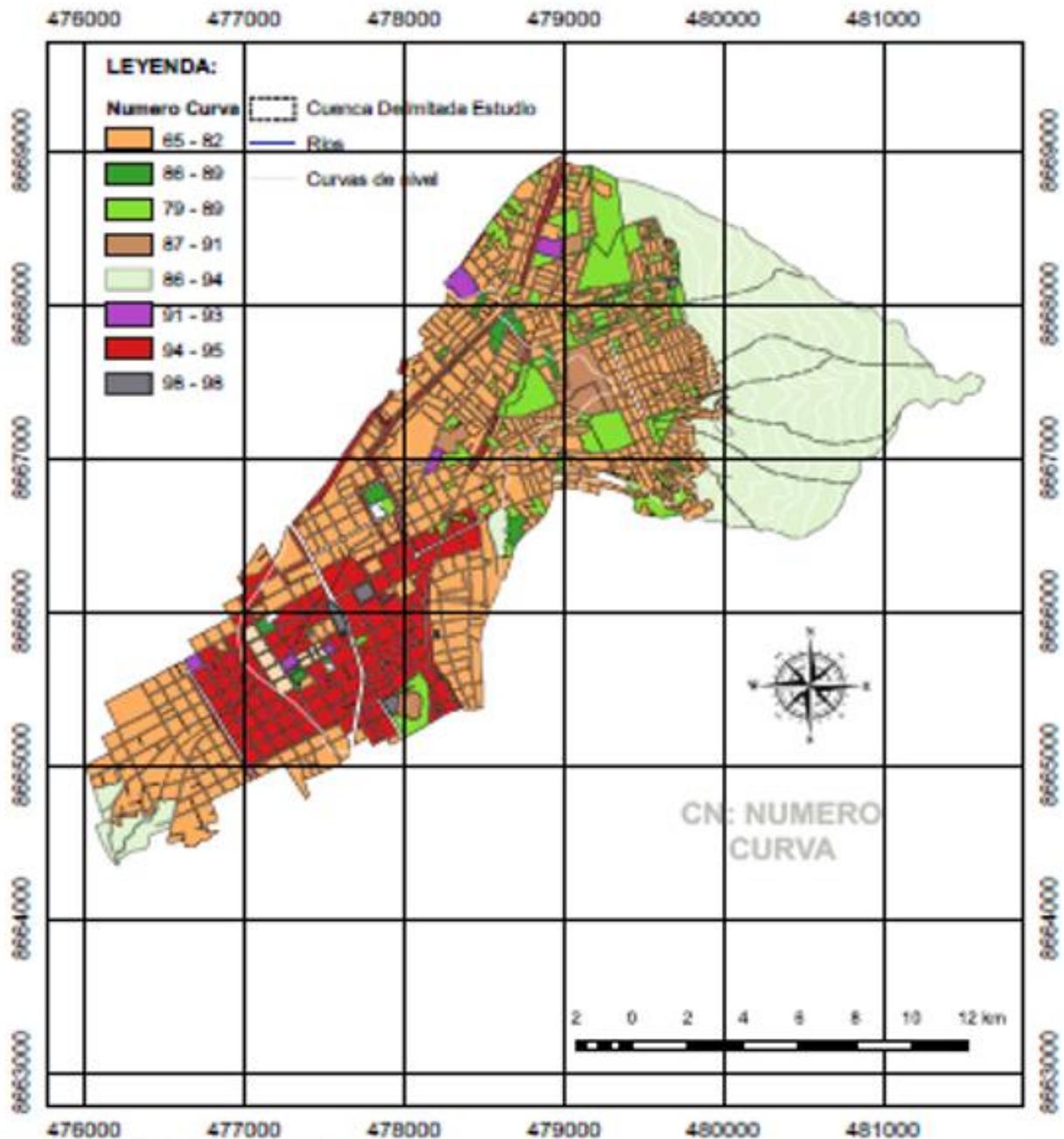
TESIS:
"ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA INTENSIDAD DE FRECUENCIA EN LA
EVOLUCIÓN DE LAS ZONAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO"

MAPA:
INVENTARIO DE HABILITACIONES URBANAS

FUENTE:
MOFICADO SEGUN PLAN DE
ACCIÓN DE MANEJO TERRITORIAL
HUANCAYO 2017

Elaboración:
Rolán César Curo Salazar
Fecha:
Febrero, 2020

Escala de Impresión:
1/30000
Código de láminas:
Plano 04



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



TRABAJO DE INVESTIGACION
"MODELO HIDRÁULICO DE LA INTEGRIDAD DE PRECIPITACIÓN EN LA
EVOLUCIÓN DE LAS ÁREAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO"

TÍTULO:

VALORES DE NUMERO CURVA PARA HUANCAYO

FUENTE:
ELABORACIÓN PROPIA CON
APOYO DE INFORMACIÓN SIG
(1986) TM 57

Elaboración:
Rolan Cesar Curo Salazar
Fecha:
Febrero, 2020

Escala de Impresión:
1:25000
Código de línea:
Plano 05