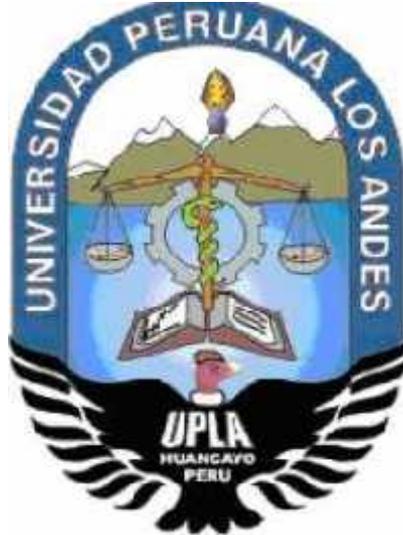


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL  
CONTROL DE INUNDACIONES DE LA  
AVENIDA TUPAC AMARU**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Marlon Alberto Aguirre Ramos

**Línea de Investigación Institucional:**

Salud y Gestión de Salud

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Hidráulica

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2020**



## **CONTRATAPA**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGERA  
PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVERUS PEÑALOZA  
SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	3
DEDICATORIA.....	5
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I.....	17
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Planteamiento del Problema.....	17
1.2. Formulación y Sistematización del Problema.....	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Específicos.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Práctica.....	19
1.3.2. Social.....	19
1.3.3. Teórica.....	20
1.3.4. Metodológica.....	20
1.4. Delimitaciones.....	20
1.4.1. Espacial.....	20
1.4.2. Temporal.....	22
1.4.3. Económica.....	23
1.5. Objetivos.....	23
1.5.1. Objetivo General.....	23
1.5.2. Objetivos Específicos.....	23
CAPITULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes.....	24
2.1.1. Internacionales.....	24
2.1.2. Nacionales.....	26

2.1.3. Locales .....	28
2.2. Marco Conceptual.....	29
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	29
2.2.1.1 Cuenca Hidrológica .....	29
2.2.1.2 Delimitación de la Cuenca.....	29
2.2.1.3 Lluvia .....	30
2.2.1.4 Periodo de Retorno .....	31
2.2.1.5 Método Estadístico .....	31
2.2.1.6 Importancia del Drenaje Pluvial Urbano .....	32
2.2.1.7 Componentes del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano.....	33
2.2.1.8 Tipos de Sistemas de Drenaje Urbano.....	34
2.2.1.9 Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	35
2.2.1.10 Consideraciones del Caudal de Diseño .....	35
2.2.1.11 Método Racional .....	36
2.3. Normatividad.....	36
2.4. Definición de Términos .....	38
2.5. Hipótesis.....	39
2.5.1. Hipótesis General.....	39
2.5.2. Hipótesis Específicos .....	39
2.6. Variables.....	40
2.6.1. Definición Conceptual de la Variable.....	40
2.6.2. Operacionalización de la Variable .....	40
CAPÍTULO III .....	41
METODOLOGÍA .....	41
3.1. Método de Investigación.....	41
3.2. Tipo de Investigación.....	41
3.3. Nivel de Investigación.....	41
3.4. Diseño de Investigación.....	41
3.5. Población y Muestra .....	41
3.5.1. Población.....	41
3.5.2. Muestra .....	42
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	42
3.7. Procedimiento de la Información .....	42

3.8. Técnicas y Análisis de Datos .....	43
CAPÍTULO IV .....	44
RESULTADOS .....	44
4.1. Presentación de Resultados Específicos.....	44
CAPÍTULO V .....	72
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	72
5.1. Discusión de Resultados Específicos .....	72
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variable de Investigación. ....	40
Tabla 2 – Datos Mensuales de Precipitación Máxima en 24 hr (mm). ....	45
Tabla 3 – Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables Para Distintas Frecuencias. ....	46
Tabla 4 – Coeficientes Para las Relaciones a la Lluvia de Duración 24 horas. ....	46
Tabla 5 – Precipitaciones Máximas Para Diferentes Tiempos de Duración de Lluvias. ....	47
Tabla 6 – Intensidades de Lluvia a Partir de Pd, Según Duración de Precipitación y Frecuencia de la Misma. ....	47
Tabla 7 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 2 Años. ....	48
Tabla 8 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 5 Años. ....	49
Tabla 9 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 10 Años. ....	50
Tabla 10 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 25 Años. ....	52
Tabla 11 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 50 Años. ....	53
Tabla 12 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 100 Años. ....	54
Tabla 13 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 200 Años. ....	55
Tabla 14 – Resumen de Aplicación de Regresión Potencial. ....	57
Tabla 15 – Regresión Potencial. ....	57
Tabla 16 – Regresión Potencial. ....	58
Tabla 17 – Calculo de Área Tributaria (Efectiva). ....	60
Tabla 18 – Coeficientes de Escorrentía Promedio Para Áreas Urbanas. ....	62
Tabla 19 – Calculo de la Intensidad de Lluvia Máxima. ....	62
Tabla 20 – Estimación del Caudal de Diseño. ....	63
Tabla 21 – Planteamiento Hidráulico de Buzones. ....	64

Tabla 22 – Planteamiento Hidráulico y Características Geométricas de Tuberías.....	65
Tabla 23 – Hoja de Resumen de Metrados.....	66
Tabla 24 – Costo Unitario por Partida.....	68
Tabla 25 – Presupuesto del Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación Geográfica de la Zona de Investigación.....	21
Figura 2- Localización de la Zona de Intervención de la Investigación. ....	22
Figura 3- Sectorización de Zona de Intervención de la Investigación . ....	22
Figura 4- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 2 años.....	49
Figura 5- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 5 años.....	50
Figura 6- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 10 años.....	51
Figura 7- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 25 años.....	52
Figura 8- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 50 años.....	54
Figura 9- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 100 años.....	55
Figura 10- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 200 años.....	56
Figura 11 - Intensidad - Duración - Frecuencia.....	59
Figura 12 – Área de las Sub Cuencas. ....	61

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál será el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru?, el objetivo general fue: Realizar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru, y la hipótesis general fue: El control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru es posible mediante el diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo – explicativo y el diseño de investigación fue no experimental de corte transversal. La población correspondió a la Avenida Túpac Amaru del distrito de El Tambo - Huancayo, se tomó como muestra el tramo de la avenida Túpac Amaru av. Mariscal castilla - Av. Razuri; Av. Razuri tramo: Av. Túpac Amaru - Jr. 27 de junio y Jr. 27 de junio tramo: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo.

La conclusión general fue: Con el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se logra un arrastre total de sedimento del interior del colector principal alcanzando la eficiencia al 100% de la operación del sistema de alcantarillado pluvial, con ello se consigue el control de las inundaciones de la avenida Túpac Amaru en el distrito de El Tambo - Huancayo.

**Palabras claves:** Diseño, Alcantarillado Pluvial, Sistema, Control e Inundaciones.

## ABSTRACT

The general problem of the investigation was: What will be the design of the storm sewer system in the flood control of Tupac Amaru avenue? The general objective was: Carry out the design of the storm sewer system in the flood control of the avenue. Túpac Amaru, and the general hypothesis was: The control of flooding of the Túpac Amaru avenue is possible through the design of the storm sewer system.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive - explanatory and the research design was non-experimental, cross-sectional. The population corresponded to Avenida Túpac Amaru in the district of El Tambo - Huancayo, the section of Avenida Túpac Amaru av. Mariscal castilla - Av. Razuri; Av. Razuri section: Av. Túpac Amaru - Jr. June 27 and Jr. June 27 section: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo.

The general conclusion was: With the design of the storm sewer system, a total sediment entrainment from the interior of the main collector is achieved, reaching 100% efficiency of the operation of the storm sewer system, thereby achieving control of flooding from Túpac Amaru avenue in the district of El Tambo - Huancayo.

**Keywords:** Design, Storm Sewer, System, Control and Floods.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru”; investigación que establece como propósito fundamental: Realizar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru.

El sistema de alcantarillado pluvial se construye para recibir, conducir y disponer las aguas lluvias producto de la precipitación, puede ser en forma líquida, granizo o nieve.

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo; como diseño de investigación cuasi experimental, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos en relación con el tema tratado, considerando que las recomendaciones busquen mejorar la utilización del sistema de alcantarillado para la recolección, transporte y evacuación de aguas pluviales, razón por el que se hace un análisis al diseño del alcantarillado pluvial, a fin de dar a conocer aquellos factores influyentes en el correcto funcionamiento del sistema, tomando para el caso de la investigación como referente la Av. Túpac Amaru tramo av. Mariscal castilla - Av. Razuri; Av. Razuri tramo: Av. Túpac Amaru - Jr. 27 de junio y Jr. 27 de junio tramo: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo, en el Distrito de el Tambo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

Con el diseño del sistema de alcantarillado, se tiene una propuesta de control de inundaciones en las zonas urbanas, para ello es importante desarrollar los estudios básicos de ingeniería, elaborar el planteamiento hidráulico y estructural

del sistema de alcantarillado, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución mediante el cálculo del costo de construcción.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño del sistema de alcantarillado.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño del sistema de alcantarillado, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Marlon Alberto Aguirre Ramos

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

Un sistema es un objeto complejo cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes puede ser material o conceptual. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero solo los sistemas materiales tienen mecanismos.

Un sistema de alcantarillado pluvial es un sistema de tuberías, coladeras e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia. Las lluvias intensas ocasionan inundaciones y deslizamientos de tierra provocando daños como filtraciones de agua en las viviendas.

El Distrito de El Tambo se encuentra asentada en las faldas de la Cordillera Occidental de los Andes entre los ríos Mantaro y Cunas, en la Provincia de Huancayo, como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe y a medida que se viene desarrollando se genera la necesidad de incorporar proyectos que permitan mejorar el aspecto urbano y vial de la zona, pero los cuales se encuentran vulnerables a la ocurrencia de inundaciones ante precipitaciones pluviales.

Los terrenos en los cuales se asentaron la población son de vocación agrícola, cuya característica principal son terrenos arcillosos - limosos, altamente expansivos, impidiendo la filtración hacia el subsuelo de las aguas superficiales; y sumado a esto que se cuenta con la nivel freático a 1.8m de profundidad, hacen altamente vulnerable a descargas pluviales excesivas como ocurre ante la presencia de eventos climáticos

excepcionales, como un Fenómeno El Niño, agravándose la situación por la difícil recuperación del área inundada.

Para el área de estudio las precipitaciones pluviales en promedio anual son de 752.67 mm, y la variación de la precipitación promedio total mensual varía de 131.76 mm., en el mes de febrero a 7.17 mm., en los meses de julio, concentrándose la lluvia en los primeros tres (03) meses del año. Según las normas del reglamento de edificaciones, la obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial, se dará en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá de contar de manera obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

Es así que el sector de estudio ubicado en el Distrito de El Tambo; este sector es considerado vulnerable a los fenómenos naturales de las inundaciones, ya que las precipitaciones pluviales ocasionan la remoción de los suelos con gran concentración de agua, que son transportadas hacia las partes bajas, y al no existir un sistema de drenaje de las aguas pluviales, se produce los siguientes efectos:

- 1) Interrupción del servicio de transporte vehicular o peatonal, por la inundación de las vías, dejándola en pésimas condiciones con deformaciones, ahuellamiento, encalaminados y baches, ocasionando pérdida de tiempo y mayores costos de operación vehicular.

- 2) Inundación de las viviendas por efectos de las intensas lluvias que se producen en la zona, ocasionando pérdidas económicas y desvalorización de sus bienes.

Ante lo expuesto es importante contar un sistema de drenaje (alcantarillado) pluvial, que comprenda la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan, con el objetivo de eliminar las aguas pluviales lo más eficaz y rápido posible.

## **1.2. Formulación y Sistematización del Problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál será el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

a) ¿Cómo aplicar lo indicado en nuestro reglamento de edificaciones acerca del diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru?

b) ¿Cuáles serán los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru?

c) ¿Cuáles serán los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

El diseño del sistema de alcantarillado pluvial fue aplicado en la Av. Túpac Amaru tramo av. Mariscal castilla - Av. Razuri; Av. Razuri tramo: Av. Túpac Amaru - Jr. 27 de junio y Jr. 27 de junio tramo: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo, con el objetivo de dar solución el drenaje pluvial, puesto que en las temporadas de lluvias las inundaciones y desborde es constante.

### **1.3.2. Social**

Este trabajo de investigación en la Avenida Túpac Amaru nace como resultado de una necesidad de la población ante las inundaciones por diversas razones que presentan en las épocas de invierno al no contar con la infraestructura adecuada de un sistema

de alcantarillado pluvial eficiente y también para así poder disminuir los diferentes tipos de impactos y enfermedades ocasionados a consecuencia de este que llevan a la población a vivir en estados no óptimos para la salud.

### **1.3.3. Teórica**

Se buscó realizar un diseño del sistema de alcantarillado pluvial que permita controlar las inundaciones en beneficio de la población de la avenida Túpac Amaru.

### **1.3.4. Metodológica**

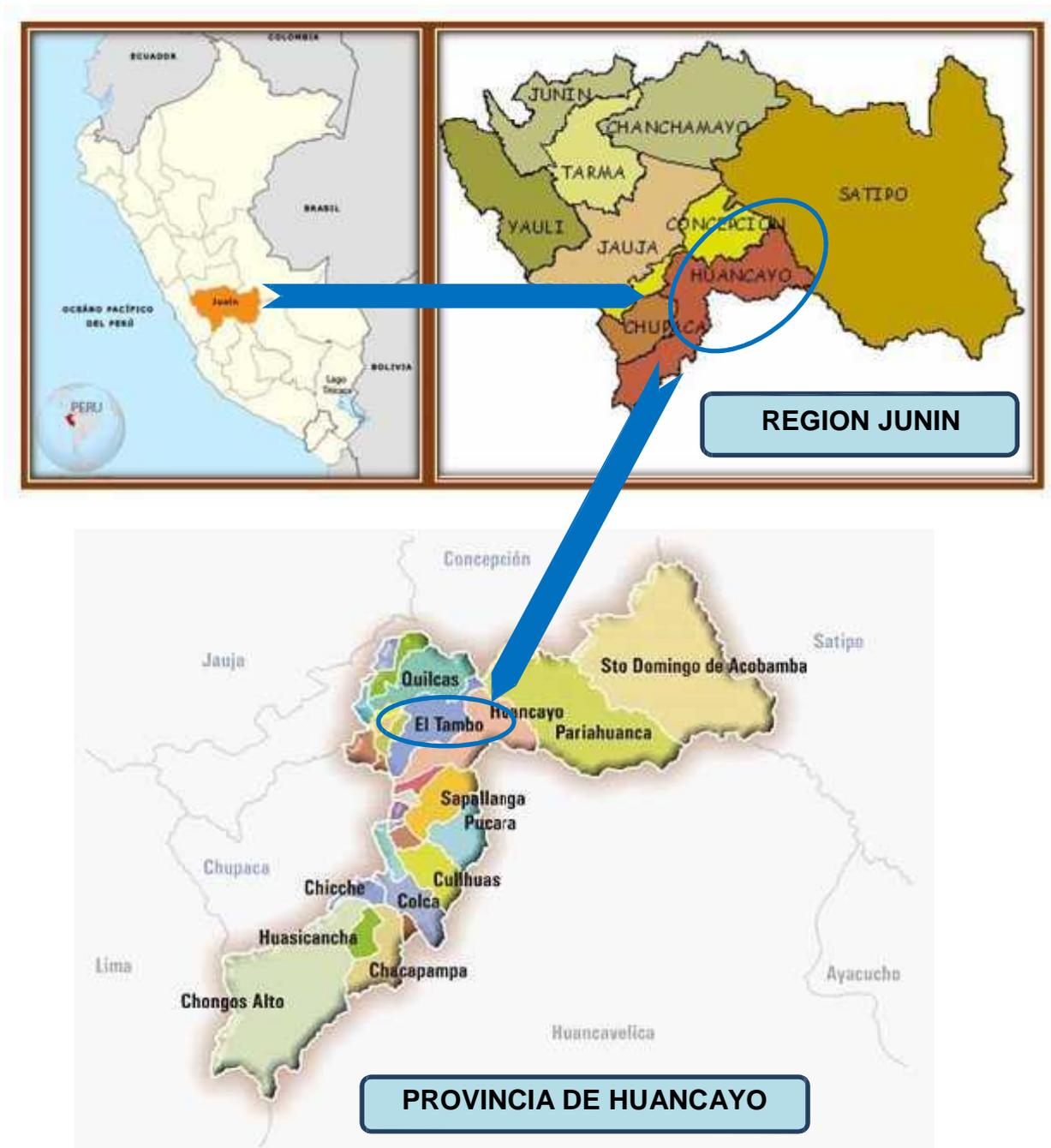
En referencia a la parte metodológica, la investigación en su formulación como en su desarrollo muestra información, metodologías y técnicas para el diseño de sistemas del alcantarillado pluvial, todo el desarrollo de la investigación servirá de soporte para el desarrollo de otras investigaciones similares.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

El lugar en que se desarrolló la investigación es en la Av. Túpac Amaru tramo av. Mariscal Castilla - Av. Razuri; Av. Razuri tramo: Av. Túpac Amaru - Jr. 27 de junio y Jr. 27 de junio tramo: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo, en el Distrito de el Tambo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

Figura 1- Ubicación Geográfica de la Zona de Investigación.



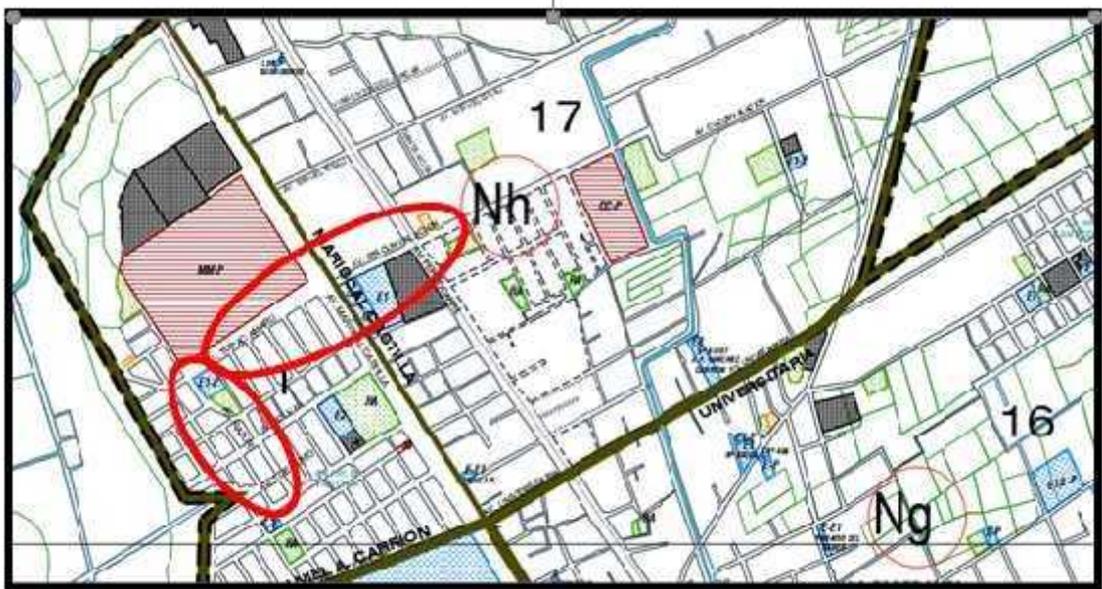
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario/871/creacion-politica-de-la-provincia-de-huancayo>

Figura 2- Localización de la Zona de Intervención de la Investigación.



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura 3- Sectorización de Zona de Intervención de la Investigación .



Fuente: <https://www.google.com/maps>

#### 1.4.2. Temporal

El trabajo se realizó durante los meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre del año 2020.

### **1.4.3. Económica**

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno. Este gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Realizar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Precisar la aplicación de lo indicado en nuestro reglamento de edificaciones acerca del diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru.
- b) Determinar los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru.
- c) Determinar el costo de construcción del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacionales**

**En la tesis “Diseño y Simulación de una Red de Drenaje Pluvial para la Zona Centro - Este de la Ciudad de Trinidad” del año (2016) de autor Osley Reinaldo López Jiménez en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.** Tiene como objetivo diseñar las dimensiones del alcantarillado pluvial que se propone para disponer las aguas pluviales hacia el punto de disposición final # 2 de la ciudad de Trinidad, empleando el programa de cálculo y diseño óptimo de redes hidráulicas urbanas (ROKO); y crear un modelo de simulación del comportamiento hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje empleando el software profesional SWMM 5.0. y tiene como conclusiones que Los valores referidos a costos de las variantes y soluciones ingenieriles presentadas en este trabajo, no representan el presupuesto total de inversión, ya que se excluyen otros costos que no intervienen en el análisis realizado y en el proceso de optimización.

También que la calidad de los datos de base que hay que suministrar al modelo de cálculo, tendrán una relación directa con la confianza en los resultados finales del mismo (López, 2016) (1).

**En el trabajo de investigación “Nuevas tendencias en La gestión del drenaje pluvial en una cuenca urbana” del año (2013) de autor Jorge Rodríguez Sánchez de la Universidad de Rioja.** Tuvo como objetivos tener una propuesta de medidas correctoras basadas en las nuevas tendencias de drenaje urbano sostenible otro objetivo fue sentar las bases para elaborar un Plan Director de Gestión de Aguas Pluviales siguiendo una propuesta

metodológica concreta su último objetivo fue establecer nuevas líneas de investigación, una vez preparado el modelo, para futuros estudios con mayor grado de precisión, trabajando en la comparación de resultados en función del tamaño de discretización y del modelo que se utilice, si el tradicional o dual, una de sus conclusiones fue que en el campo de la modelación de la red de saneamiento es un campo que tradicionalmente no se acomete en las ciudades, debido a la dificultad de llevar a cabo un buen plan de saneamiento en el que se propongan medidas correctoras a las redes de saneamiento del tipo ampliación de colectores, instalación de depósitos de retención, o ejecutar la duplicación de la red para tener un sistema separativo de saneamiento. Además, pondría de relieve las deficiencias de la red que supondría un incremento en la responsabilidad que asumen los gestores de las redes de cara a inundaciones en garajes y plantas bajas por la entrada en carga de las redes (Rodríguez, 2013) (2).

**En el trabajo de investigación “Diseño del Sistema de alcantarillado pluvial del Barrio “La Campiña del Inca Canton Quito, Provincia de Pichincha “del año (2012) de autora Jessica Rivadeneira Molina en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador,** tuvo como objetivo recopilar datos e información necesaria para la realización del diseño de alcantarillado pluvial y disposición final de aguas lluvias del barrio la Campiña de Inca parroquia San Isidro del Inca, Cantón Quito. Una de sus conclusiones fueron que Debido a que el Barrio La Campiña del Inca es un poblado que lo podríamos considerar casi nuevo se ve en la necesidad de poseer un adecuado de aguas lluvias; el presente estudio y proyecto propone una solución de acuerdo a las características económicas, topográficas, geológicas de la zona. Otra conclusión fue que el material que se empleó para el diseño del alcantarillado pluvial de la Campiña del Inca es PVC,

considerando un mejor proceso de construcción ya que se disminuye el volumen de excavación, relleno y compactación, así como la facilidad de transporte del mismo hacia la obra, facilidad de instalación y mantenimiento. (Rivadeneira, 2012) (3)

### **2.1.2. Nacionales**

**La tesis “Modelo de drenaje pluvial, para eventos extraordinarios, aplicando SWMM en el distrito de Cura Mori, región Piura” de año (2018) en la Universidad Nacional Cesar Vallejo de autora Bach. Gonzales Pasapera, Sujey Milagros.** Tiene como objetivo analizar la influencia de los eventos extraordinarios en el modelamiento del drenaje pluvial aplicando SWMM en el Distrito de Cura Mori, Región Piura, en consecuencia, realizó un modelo hidrológico e hidráulico para determinar su comportamiento. Determino los años más representativos que simulan un evento extraordinario, modelado para periodos de retorno de 25, 30 y 40 años realizando una comparación con el mismo modelo para cuando no se presente un evento extraordinario. El método que se aplico fue científico, el tipo de investigación es cuantitativa, de nivel aplicativo, el diseño experimental, la población la región de Piura, la muestra modelo de drenaje pluvial en el distrito de Cura Mori, el instrumento la ficha técnica y la aplicación del Software de modelo de gestión de aguas pluviales. De acuerdo a los análisis realizados se obtuvo que el caudal captado con presencia de eventos extraordinarios a lo largo del distrito fue de 9970 l.p.s. Teniendo en cuenta estos valores, se estableció un modelo de sumidero transversal de concreto simple Tipo I determinado por las características químicas del terreno con dimensiones de 0.60 m de altura y 0.30 m de ancho con una tubería de conducción de pvc de 0.30 m de diámetro, de manera que el sistema propuesto dimensionado para periodos de retorno de 25, 30 y 40 años cumple con todos los requerimientos establecidos por la norma OS.060 – Drenaje Urbano (Gonzales, 2018)(4).

**En la Tesis “Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la Aplicación Del Software Swmm” de año 2016 en la Universidad Nacional Del Altiplano de autores Bach. Paolo Cesar Rojas Naira, Bach. Vladimir Humberto Humpiri Pari.** Tuvieron como objetivo Evaluar el proyecto actual y plantear un nuevo diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca aplicando el programa de modelamiento SWMM. Y tuvo como conclusiones que en la evaluación que realizaron, determinaron que los estudios básicos de ingeniería en el expediente técnico han sido desarrollados con un sustento técnico deficiente. De acuerdo a los Estudios Básicos de Ingeniería realizados se ha dividido el proyecto en cuatro cuencas para el modelamiento hidrológico–hidráulico en el software SWMM para optimizar los parámetros hidráulicos que determina el diseño de las redes de drenaje. Sin embargo, para que el sistema de drenaje planteado sea funcional es primordial establecer condiciones necesarias de funcionamiento acorde a la Norma OS–060 del RNE y el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca. Se desarrolló una metodología para el diseño de sistemas de drenaje urbano tomando como base el modelo matemático SWMM, que consiste en el movimiento simultáneo del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas, el uso del modelo numérico, en ventaja respecto al método tradicional, permitió predecir con mayor precisión el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje existente evaluar su situación actual y analizar desde el punto de vista hidráulico los problemas existentes, para formular las mejoras del mismo. Según los resultados obtenidos, el modelo SWMM proporciona un conjunto de herramientas interactivas y recursos que son una buena opción para el 26 análisis de grandes proyectos de drenaje urbano. (Humpiri Pari & Rojas Naira, 2016) (5).

**En la Tesis Diseño Alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz de año 2017 en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo” de autora Sinthia Vanesa Urbano Broncano,** tuvo como objetivo diseñar un sistema alternativo de drenaje pluvial, según la norma vigente “OS. 060” del Reglamento Nacional de Edificaciones peruano y demás contribuciones de estudios encontrados a nivel internacional, que conjuntamente aportan mayor calidad técnica a la propuesta para resolver los problemas de inundación existentes, en las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz. Para lograr lo planteado fue necesario contar con información adecuada de un levantamiento topográfico de la zona, se recopiló data de precipitaciones diarias horarias entre los años 2012-2015 de la estación EM-10 Shancayán, con los datos hidrológicos y el área de las cuencas de aportación de caudales se seleccionaron las fórmulas hidráulicas para dimensionar los elementos que permitan la evacuación de las aguas lluvias. Para la Av. Antonio Raymondi, se consideró el aporte de la cuenca de drenaje en un área de 84 ha, mientras que, para la Av. Luzuriaga, se consideró el aporte de otra cuenca de drenaje de 71 ha. La propuesta planteada encauzó la escorrentía generada en estas áreas a través de cunetas hasta sumideros ubicados en los puntos bajos de las vías (Urbano, 2017) (6).

### **2.1.3. Locales**

**La tesis “Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial en el Jirón Loreto Tramo Amazonas –Calle Real Distrito de Huancayo, Provincia Huancayo – Región Junín 2017” en la Universidad Peruana Los Andes de autoras Bach. Ozoriaga Rivera, Angella Milagros. Bach. Sanabria Garay, Liz Angella,** tuvo como objetivo general Diseñar el sistema de alcantarillado pluvial del Jr. Loreto tramo Amazonas – Calle Real, distrito y

provincia de Huancayo. Y sus conclusiones fueron que se ha determinado el diseño de la red pluvial considerando una tormenta que puede acumular aproximadamente 13 184.00 m<sup>3</sup> de agua pluvial, siendo así que se contará con tuberías de diámetros de 600 mm, 700 mm y 1200 mm, unidos mediante buzones de 1.90 m de altura en los cuales se regula el caudal y evita el aniego de las intersecciones del Jr. Áncash y el Jr. Loreto y el cruce de la Av. Real y el Jr. Loreto, zonas que en la actualidad se ven afectadas cuando hay precipitaciones moderadas e intensas. Se ha estimado el costo de la implantación del sistema de alcantarillado pluvial para el Jr. Loreto, siendo este de S/. 1 102 052.00, el cual considera la instalación de 2 571.58 m de tuberías de diámetros que varían entre 600mm y 1200mm, con los que se asegura el correcto drenaje de las aguas pluviales provenientes de la esorrentía de 28 manzanas comprendidas entre el Jr. Amazonas y la Av. Huancavelica, beneficiando así a la población de Huancayo, por lo que, el monto es una inversión necesaria y viable por parte del gobierno local (Ozoriaga & Sanabria, 2017) (7).

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Cuenca Hidrológica**

Una cuenca hidrológica de drenaje de una corriente es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen formando un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villon, Hidrología, 2011) (8).

#### **2.2.1.2 Delimitación de la Cuenca**

La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel, una cuenca se puede clasificar atendiendo su tamaño, en cuenca grande y cuenca pequeña.

**Cuenca Grande:** es aquella cuenca en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Una cuenca, para fines prácticos, se considera grande cuando el área es mayor a 250 Km<sup>2</sup>.

**Cuenca Pequeña:** es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área varía desde unas pocas hectáreas hasta un límite, que para propósitos prácticos se consideran 250 Km<sup>2</sup>.

No necesariamente se analiza con el mismo criterio una cuenca pequeña que una grande. Para una cuenca pequeña, la forma y la cantidad de escurrimiento están influenciadas principalmente por las condiciones físicas del suelo; por lo tanto, el estudio hidrológico debe enfocarse con más atención a la cuenca misma, para una cuenca muy grande el efecto de almacenaje del cauce es muy importante, por lo cual deberá dársele también atención a las características de este último (Villon, Hidrología, 2011) (8).

### **2.2.1.3 Lluvia**

Precipitación atmosférica de gotas de agua en estado líquido. La mayor parte de ellas tiene, generalmente, un diámetro igual o mayor que medio milímetro, y caen en el aire en calma, con una velocidad superior a los dos metros por segundo. (Segeber & Villodas, 2006) (9)

Según sus intensidades pueden distinguirse:

**Ligera:** Para tasas de caída de hasta 2.5 mm/h.

**Moderada:** Desde 2.5 hasta 7.5 mm/h.

**Fuerte:** Por encima de 7.5 mm/h.

#### 2.2.1.4 Período de Retorno

Viene a ser el promedio, en años, donde el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, al que se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años (Manual De Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2008) (10).

#### 2.2.1.5 Método Estadístico

El método estadístico considera que el caudal máximo anual, es una variable que tiene una cierta distribución que para utilizarlos se debe tener como datos, el registro de precipitaciones máximas anuales, mientras sea mayor el tamaño del registro, también será mayor la aproximación del cálculo la cual es calculada para un determinado periodo de retorno (Villon, Hidrología, 2011).

**Distribución Gumbel:** la distribución estadística de Gumbel es utilizada para calcular las precipitaciones máximas o mínimas probables para distintas frecuencias (Villon, Hidrología, 2011).

Formula de probabilidad de ocurrencia de Gumbel.

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

### **2.2.1.6 Importancia del Drenaje Pluvial Urbano**

En las zonas urbanas, se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia de tal modo que se mitiguen los riesgos para los habitantes, las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas que afectan a la población. Sin embargo, la construcción de edificios, casas, la pavimentación de calles, estacionamientos y otras construcciones modifican el entorno natural y generan superficies poco permeables; aumentando los volúmenes de escurrimiento.

Así, la urbanización incrementa los volúmenes que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Esto obliga a diseñar los sistemas de drenaje artificial con mayor capacidad que la que tenían las corrientes naturales originales.

El drenaje pluvial urbano, tiene como función la captación y desalojo de las aguas de lluvia hasta sitios donde se descarguen en los cuerpos de agua, de tal forma que se reduzcan los daños e inconvenientes a los habitantes donde llegan o cruzan los escurrimientos o que puedan afectar a otras cercanas.

Un sistema de drenaje está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias, que permiten el desalojo de las aguas de lluvia y que requieren de su mantenimiento para su correcta operación (Comisión Nacional del Agua, 2007) (11).

Como parte de la planificación y diseño de sistemas se deben realizar las siguientes consideraciones:

- ✓ Garantizar que el desalojo de las aguas pluviales no afecte las zonas aguas abajo; esto es: viviendas, carreteras, o cualquier otra infraestructura.
- ✓ Definir los criterios de riesgo admisible ante inundaciones.
- ✓ Evaluar y disminuir el impacto sobre el tráfico peatonal y vehicular durante el desalojo de aguas pluviales en zonas urbanas (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### **2.2.1.7 Componentes del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano**

Los componentes principales de un sistema de drenaje se agrupan según la función para la cual son empleados, así un sistema de drenaje pluvial urbano, se integra de las partes siguientes (Comisión Nacional del Agua, 2007).

**Estructuras de captación:** son depósitos que recolectan para transportar las aguas, en el caso de los sistemas de drenaje pluvial urbano son llamadas bocas de tormenta, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En las captaciones (ubicadas convenientemente en puntos bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales.

**Estructuras de conducción:** Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de almacenamiento o vertido; son las que representan la parte medular de un sistema de drenaje y se forman por conductos cerrados y/o abiertos, conocidos como tuberías y canales, respectivamente.

**Estructuras de conexión y mantenimiento:** vienen a ser las que facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de drenaje, pues además de permitir la conexión de varios conductos, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un operador baje hasta dentro del sistema de drenaje y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos; tales estructuras son conocidas como pozos de visita.

**Estructuras de vertido:** Son estructuras de descarga terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del agua drenada, se diseñan para evitar posibles daños al último tramo, que pueden ser causados por la corriente a donde descarga la red o por el propio flujo de salida de la conducción. Para su diseño en su descarga al cuerpo receptor, deben considerarse los niveles de superficie libre del agua asociados al periodo de retorno establecido, para protección a la población.

**Disposición final:** La disposición final de las aguas captadas por una red de drenaje no es una estructura que forme parte del sistema; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de drenaje. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto, la descarga de las aguas pluviales, entonces se pueden provocar graves daños. En el sitio de vertido o aguas abajo de este (Comisión Nacional del Agua, 2007).

#### **2.2.1.8 Tipos de Sistemas de Drenaje Urbano**

**Sistema de Alcantarillado Sanitario:** Es un sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales (OS.060, 2006) (12).

**Sistema de Alcantarillado Pluvial:** Es un sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias (OS.060, 2006).

**Sistema de Alcantarillado Combinado:** Es un sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias (OS.060, 2006).

#### **2.2.1.9 Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial**

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar de forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes (OS.060, 2006).

#### **2.2.1.10 Consideraciones del Caudal de Diseño**

Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados:

- ✓ Por el Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Por el Método de Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación para área de cuencas mayores de 13 Km<sup>2</sup>.

El período de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años (OS.060, 2006).

### 2.2.1.11 Método Racional

Este método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje, aproximadamente si no exceden a 1300 has o 13 km<sup>2</sup>.

En el método racional se supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración ( $t_c$ ). Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida. Si la duración es mayor que el  $t_c$ , contribuye así mismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de lluvia es menor, por ser mayor su duración, por tanto, también es menor el caudal (Villon, Hidrología, 2011).

$$Q = C * i * A / 360$$

Q = La cantidad de escorrentía, en m<sup>3</sup>/s

C = El coeficiente de escorrentía. El coeficiente es seleccionado para reflejar las características de la cuenca.

I = intensidad promedio de lluvia para la frecuencia seleccionada y para la duración igual al tiempo de concentración (mm/h).

A = el área de la cuenca en Ha.

## 2.3. Normatividad

### Drenaje Pluvial Urbano, Norma OS. 0.60.

La presente norma nos sirve para establecer los criterios generales de diseño que permitan la elaboración de proyectos de Drenaje Pluvial Urbano que comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009) (14).

**Decreto Legislativo 1356. Vivienda – 2018. Ámbito de aplicación - Artículo 3. En el numeral 3.1**

El presente Decreto Legislativo es aplicable en todo el ámbito nacional y de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno, así como a las intervenciones referidas a drenaje pluvial (D.L. 1356 Vivienda, 2018) (15).

**Obligatoriedad del drenaje pluvial - Artículo 5. En el numeral 5.1 nos indica que:**

Toda habilitación urbana o edificación, conforme a lo establecido en la norma contenida en el Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, debe contar en forma obligatoria con infraestructura de drenaje pluvial acorde con los planes de desarrollo con enfoque de gestión de riesgo de desastres que existan en la jurisdicción y con capacidad suficiente para asegurar el escurrimiento de las aguas pluviales y permita su adecuada evacuación a fin de prevenir inundaciones.

**En el numeral 5.2, manifiesta que:** Los gobiernos locales, en el marco de sus competencias, son responsables del cumplimiento de la obligatoriedad del drenaje pluvial establecido en el presente artículo (D.L. 1356 Vivienda, 2018).

**Criterio para el desarrollo de infraestructura de drenaje pluvial - Artículo 6.**

Las inversiones en infraestructura de drenaje pluvial deben constituir soluciones integrales para la recolección, transporte, almacenamiento y evacuación pluvial en los centros poblados, y deben ser desarrolladas bajo el enfoque de gestión del riesgo de desastres, sin afectar los servicios de saneamiento (D.L. 1356 Vivienda, 2018).

**Operación y mantenimiento de la infraestructura de drenaje pluvial - Artículo 8.**

Los gobiernos locales, en el marco de sus competencias, son responsables de operar y mantener la infraestructura del drenaje pluvial que se encuentre

en su jurisdicción, conforme a lo establecido en el Reglamento (D.L. 1356 Vivienda, 2018).

## 2.4. Definición de Términos

**Análisis Hidrológico:** En esta etapa, se recopilan los datos de precipitación histórica las estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio y por medio de análisis hidrológicos, estadísticos y probabilísticos, que, para cada periodo de retorno establecido, definen la intensidad de precipitación, la duración y su variación a lo largo del tiempo. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

**Cuenca:** 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. (OS.060, 2006).

**Coeficiente de escorrentía:** Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente (OS.060, 2006).

**Caudal:** Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado (Manual De Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2008).

**Drenaje pluvial:** Servicio básico que constituye un componente estructural que forma parte de la infraestructura de todo centro poblado, y está compuesto por un conjunto de sistemas que comprende la recolección, transporte, almacenamiento y evacuación de las aguas pluviales a un cuerpo receptor diseñado para tal efecto (D.L. 1356 Vivienda, 2018).

**Drenaje urbano:** Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación (OS.060, 2006).

**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 (OS.060, 2006).

**Hidrología:** Es una ciencia natural que estudia el agua y las propiedades del agua presentes en la atmósfera. También estudia las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo y la evapotranspiración (Villon, Hidrología, 2011).

**Infiltración del agua:** Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. Esta puede fluir en forma subterránea hasta brotar en manantiales o corrientes, o llegar a formar parte de los mantos acuíferos, donde es almacenada o transportada hacia los océanos (Comisión Nacional del Agua, 2007).

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis General**

El control de inundaciones de la avenida Túpac Amaru es posible mediante el diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

### **2.5.2. Hipótesis Específicas**

a) La aplicación de lo indicado en nuestro reglamento de edificaciones son determinantes en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru.

b) Los parámetros hidrológicos e hidráulicos permiten realizar un correcto diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru.

c) El costo de construcción del sistema de alcantarillado pluvial en el control de inundaciones en la avenida Túpac Amaru está de acuerdo a lo diseñado y al metrado del mismo.

## 2.6. Variables

### 2.6.1. Definición Conceptual de la Variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**X = Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.**

**Definición:** Un diseño de sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias, que permiten el desalajo de las aguas de lluvia y que requieren de su mantenimiento para su correcta operación.

### 2.6.2. Operacionalización de la Variable

Tabla 1 – Variable de Investigación.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD MEDIDA	METODOLOGIA E INSTRUMENTOS	FUENTE
Sistema de Alcantarillado Pluvial	Topografía	m	Trabajos de campo, estación total	Av. Túpac Amaru
	Precipitación	mm	Datos de precipitación proporcionados por senahmi	Senamhi
	Intensidad	l/m <sup>2</sup>	Calculo. Formulas	Tesista
	Coeficiente de escorrentía	l/s <sup>2</sup>	Tablas de valores	Tesista
	Coeficiente de fricción	l/s <sup>2</sup>	Tablas de valores	Tabla de valores (Manual de hidrología, Hidráulica y drenaje del MTC)

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de Investigación**

El método de investigación fue científico ya que nos indica que el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y, finalmente, verificar o demostrar la verdad de un conocimiento. Estos procedimientos implican la aplicación de técnicas e instrumentos, válidos y confiables según el tipo de investigación (Barrientos, 2013) (16).

#### **3.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación fue aplicada porque se encarga de la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica. Es el primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos (Castro, 2016) (17).

#### **3.3. Nivel de Investigación**

El Nivel de investigación fue descriptivo – explicativo, ya que su finalidad es explicar el comportamiento de una variable en función de otra ya que considera al fenómeno estudiado y sus componentes, también determina las causas del fenómeno y se generará un sentido de entendimiento. (Castro, 2016).

#### **3.4. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación fue no experimental de corte transversal, ya que se recolectó la información en un único momento y no se realizó la manipulación deliberada de las variables de la investigación.

#### **3.5. Población y Muestra**

##### **3.5.1. Población**

La población del trabajo de investigación corresponde a la Avenida Túpac Amaru en El Tambo-Huancayo

### **3.5.2. Muestra**

Se tomó el tramo de la avenida Túpac Amaru av. Mariscal castilla - Av. Razuri; Av. Razuri tramo: Av. Túpac Amaru - Jr. 27 de junio y Jr. 27 de junio tramo: Jr. Razuri - Jr. Chanchamayo.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos**

Para la elaboración del proyecto de investigación:

- ✓ Se hizo la toma de datos en el área de investigación.
- ✓ Se realizó el levantamiento topográfico.
- ✓ Se tomaron datos de la estación Santa Ana para los cálculos hidrológicos
- ✓ Se tuvo en cuenta las referencias bibliográficas de diferentes autores, para realizar el respectivo diseño del sistema de alcantarillado pluvial con la información recolectada de campo.

### **3.7. Procedimiento de la Información**

#### **Fase de Planeamiento y organización (Pre Campo)**

- Visita de campo donde se realizará el estudio
- Recopilación bibliográfica sobre el proyecto de investigación

#### **Fase de trabajo de campo**

- Toma de datos de campo
- Reconocimiento de las zonas más vulnerables
- Levantamiento topográfico

#### **Fase de gabinete**

- Procesamiento de datos
- Calculo del caudal
- Evaluación de resultados

#### **Informe de investigación**

- Elaboración del proyecto de tesis
- Sustentación y Aprobación del proyecto de tesis

### **3.8. Técnicas y Análisis de Datos**

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como autocad, hojas excel, Word y S10. Las fuentes son primarias los cuales fueron obtenidos tal como se mencionó en la población y muestra.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de Resultados Específicos

##### A) Aplicación del Reglamento Nacional de Edificaciones en el Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

- **Norma OS.060 - RNE:** En la presente norma se establecen los criterios que deberán tenerse en consideración para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial que forman parte del drenaje urbano de una ciudad.

Todo proyecto de sistema de alcantarillado pluvial (drenaje urbano) deberá contar como mínimo con los parámetros de diseño siguientes:

- ✓ **Método de estimación de caudales:** De acuerdo a la norma O.S.060, el método de estimación de caudales para un sistema de drenaje urbano menor (al ser el área intervenida menor a 13 km<sup>2</sup>) es el método racional.
- ✓ **Periodo de retorno de la tormenta:** Según lo estipulado en la norma O.S.060, el periodo de retorno para el diseño del drenaje urbano menor es de 2 a 10 años.
- ✓ **Coefficiente de escorrentía:** El coeficiente de escorrentía está de acuerdo a lo citado norma O.S.060 (2014).

##### B) Parámetros Hidrológicos e Hidráulicos en el Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

###### Parámetros Hidrológicos:

- **Datos Pluviométricos:** La estación pluviométrica localizado en la zona de estudio viene a ser la estación de Santa Ana, la cual se ubica dentro del área de la cuenca hidrográfica del Rio Mantaro,

esta estación cuenta con los registros de precipitaciones máximas en 24 horas, comprendidos entre los años 1994 y 2019.

La estación MAP – Santa Ana se encuentra localizada en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, en el departamento de Junín, tiene como coordenadas de ubicación: 12° 00´ 15” latitud Este y 75°13´15” longitud Sur y a una altitud de 3295 msnm.

En la tabla siguiente se puede apreciar los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación de Santa Ana otorgada por SENAMHI.

**Tabla 2 – Datos Mensuales de Precipitación Máxima en 24 hr (mm).**

ESTACION : SANTA ANA  
 LATITUD : 12°00'15" ESTE  
 LONGITUD : 75°13'15" SUR  
 ALTURA : 3,295 m.s.n.m.

AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1994	10.8	17.8	14.4	23.6	15.8	1.8	2.0	10.6	9.6	5.0	11.4	10
1995	25.0	10.8	17.0	9.6	9.0	6.0	0.0	4.2	3.3	8.6	8.7	9.8
1996	14.0	12.8	12.5	6.0	5.4	1.5	3.0	5.7	4.3	22.5	18.5	36.6
1997	32.5	8.3	18.6	33.3	3.8	1.0	0.0	1.0	12.6	15.4	15.3	14.1
1998	18.0	21.9	9.0	11.1	2.2	2.1	2.4	5.6	11.4	16.5	16.2	30.3
1999	35.5	31.5	8.8	21.2	6.8	5.7	0.0	3.2	12.8	18.2	13.0	12.6
2000	11.5	22.9	11.6	7.2	1.6	10.9	7.8	2.8	12.2	25.8	20.4	21.4
2001	19.2	22.1	19.0	14.5	5.8	1.8	6.0	7.7	2.6	11.1	10.1	18.0
2002	14.9	19.9	20.5	14.9	4.7	0.8	3.2	2.5	13.0	26.4	13.0	29.9
2003	11.2	17.2	21.3	7.5	4.7	0.7	3.4	7.6	16.7	16.7	23.4	20.8
2004	15.0	19.3	29.0	24.0	11.8	0.0	0.5	9.4	12.1	11.2	25.2	23.0
2005	20.0	33.5	14.7	9.3	3.7	6.5	6.7	3.2	17.5	13.4	20.9	21.3
2006	12.3	20.8	18.8	14.6	1.9	11.9	2.9	0.4	4.4	24.3	17.3	33.9
2007	25.5	14.0	13.2	6.7	0.7	3.6	5.1	4.9	14.5	10.0	22.2	33.2
2008	18.7	9.4	32.2	11.5	5.4	0.0	2.5	8.2	6.2	13.7	15.9	17.0
2009	25.0	8.4	8.8	18.5	3.8	8.9	0.0	3.4	3.4	39.0	17.5	16.4
2010	14.5	14.4	19.4	31.1	11.8	0.9	3.3	18.8	16.4	7.7	27.5	12.3
2011	22.0	36.4	25.0	15.0	0.4	1.7	19.2	4.5	2.4	17.5	12.7	29.1
2012	30.0	34.0	36.5	19.0	2.7	0.0	5.2	1.5	17.0	15.2	17.0	23.3
2013	15.3	23.9	10.7	15.8	14.5	10.9	0.0	1.5	15.1	8.6	10.0	23.8
2014	25.5	12.6	10.3	15.9	6.0	1.6	2.9	20.4	11.6	9.6	10.5	19.1
2015	28.7	16.5	33.0	23.2	13.0	0.3	1.8	13.0	40.8	12.0	32.7	14.4
2016	12.9	19.8	17.0	11.6	10.5	7.0	5.3	6.0	21.7	17.3	34.8	17.4
2017	20.5	23.3	18.0	17.5	5.6	0.0	0.8	2.4	18.0	10.0	18.1	23.1
2018	17.5	22.5	26.4	31.3	4.0	0.6	0.0	1.7	31.5	18.7	29.4	16.0
2019	28.5	48.0	27.4	5.4	21.5	2.3	2.2	5.2	16.6	18.0	21.0	21.0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi

- **Distribución de Gumbel:** Con el objetivo de determinar la distribución de frecuencias probabilísticas en función a los datos pluviométricos y en concordancia con lo indicado en la norma OS.060 del reglamento nacional de edificaciones, se ha realizado la distribución gumbel, del cual los resultados se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 3 – Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables Para Distintas Frecuencias.**

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precipitación (mm)	Probabilidad de Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	30.4296	0.5000	34.3854
5	1.4999	36.0091	0.2000	40.6903
10	2.2504	39.7033	0.1000	44.8647
20	2.9702	43.2468	0.0500	48.8689
25	3.1985	44.3709	0.0400	50.1391
50	3.9019	47.8335	0.0200	54.0519
100	4.6001	51.2706	0.0100	57.9358
200	5.2958	54.6952	0.0050	61.8056

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 04, se especifica el cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables para diferentes frecuencias tomando en cuenta el periodo de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 200 años.

**Tabla 4 – Coeficientes Para las Relaciones a la Lluvia de Duración 24 horas.**

Duraciones, en horas	
24	1.00
18	0.90
12	0.79
8	0.64
6	0.56
5	0.50
4	0.44
3	0.38
2	0.31
1	0.25

Fuente: D. F. Campos A., 1978.

La tabla 05, se presenta los coeficientes por hora de duración de precipitación, esto con la finalidad de calcular la precipitación máxima de lluvia horaria.

**Tabla 5 – Precipitaciones Máximas Para Diferentes Tiempos de Duración de Lluvias.**

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
24 hr	X24	34.3854	40.6903	44.8647	50.1391	54.0519	57.9358	61.8056
18 hr	X18 = 91%	30.9469	36.6213	40.3783	45.1252	48.6467	52.1422	55.6250
12 hr	X12 = 80%	27.1645	32.1454	35.4431	39.6099	42.7010	45.7693	48.8264
8 hr	X8 = 68%	22.0067	26.0418	28.7134	32.0890	34.5932	37.0789	39.5556
6 hr	X6 = 61%	19.2558	22.7866	25.1242	28.0779	30.2691	32.4441	34.6111
5 hr	X5 = 57%	17.1927	20.3452	22.4324	25.0695	27.0259	28.9679	30.9028
4 hr	X4 = 52%	15.1296	17.9037	19.7405	22.0612	23.7828	25.4918	27.1945
3 hr	X3 = 46%	13.0665	15.4623	17.0486	19.0529	20.5397	22.0156	23.4861
2 hr	X2 = 39%	10.6595	12.6140	13.9081	15.5431	16.7561	17.9601	19.1597
1 hr	X1 = 30%	8.5964	10.1726	11.2162	12.5348	13.5130	14.4840	15.4514

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 06, se calculó la precipitación máxima horaria en un lapso de 24 horas para cada periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años respectivamente; tomando en cuenta los valores de duración de lluvia indicadas en la tabla 05.

**Tabla 6 – Intensidades de Lluvia a Partir de Pd, Según Duración de Precipitación y Frecuencia de la Misma.**

Tiempo de Duración		Intensidad de la Lluvia (mm/hr) Según el Periodo de Retorno						
Hr	Min.	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
24 hr	1440	1.4327	1.6954	1.8694	2.0891	2.2522	2.4140	2.5752
18 hr	1080	1.7193	2.0345	2.2432	2.5070	2.7026	2.8968	3.0903
12 hr	720	2.2637	2.6788	2.9536	3.3008	3.5584	3.8141	4.0689
8 hr	480	2.7508	3.2552	3.5892	4.0111	4.3242	4.6349	4.9444
6 hr	360	3.2093	3.7978	4.1874	4.6796	5.0448	5.4073	5.7685
5 hr	300	3.4385	4.0690	4.4865	5.0139	5.4052	5.7936	6.1806
4 hr	240	3.7824	4.4759	4.9351	5.5153	5.9457	6.3729	6.7986

<b>3 hr</b>	180	4.3555	5.1541	5.6829	6.3510	6.8466	7.3385	7.8287
<b>2 hr</b>	120	5.3297	6.3070	6.9540	7.7716	8.3780	8.9801	9.5799
<b>1 hr</b>	60	8.5964	10.1726	11.2162	12.5348	13.5130	14.4840	15.4514

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 07, se muestra la intensidad a partir de la precipitación máxima (Pd), lo que se quiere decir, la intensidad en unidad de mm/hr.

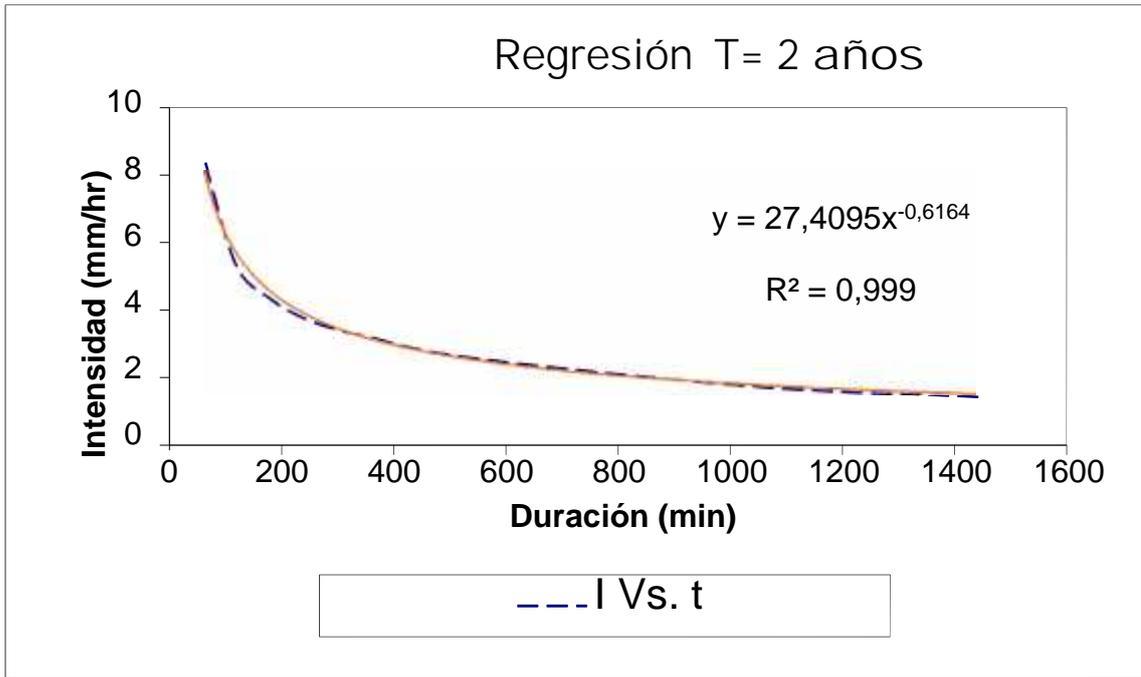
**Tabla 7 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 2 Años.**

N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.4327	7.2724	0.3596	2.6150	52.8878
2	1080	1.7193	6.9847	0.5419	3.7850	48.7863
3	720	2.2637	6.5793	0.8170	5.3753	43.2865
4	480	2.7508	6.1738	1.0119	6.2473	38.1156
5	360	3.2093	5.8861	1.1661	6.8635	34.6462
6	300	3.4385	5.7038	1.2350	7.0444	32.5331
7	240	3.7824	5.4806	1.3304	7.2912	30.0374
8	180	4.3555	5.1930	1.4714	7.6411	26.9668
9	120	5.3297	4.7875	1.6733	8.0109	22.9201
10	60	8.5964	4.0943	2.1513	8.8083	16.7637
SUMA	4980	36.8784	58.1555	11.7579	63.6821	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	4.3018	<b>d=</b>	73.8307	<b>n=</b>	-0.5375

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 2 años se detalla en la tabla 08, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 4- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 2 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 17 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 2 años.

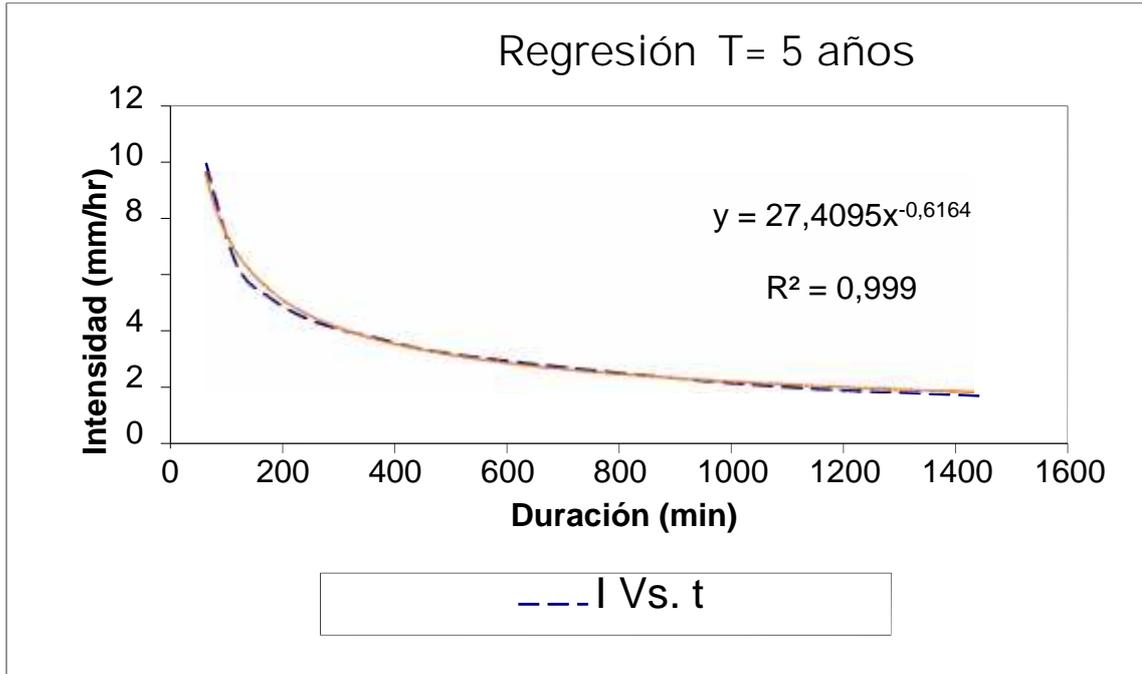
**Tabla 8 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 5 Años.**

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.6954	7.2724	0.5279	3.8394	52.8878
2	1080	2.0345	6.9847	0.7103	4.9610	48.7863
3	720	2.6788	6.5793	0.9854	6.4829	43.2865
4	480	3.2552	6.1738	1.1803	7.2867	38.1156
5	360	3.7978	5.8861	1.3344	7.8545	34.6462
6	300	4.0690	5.7038	1.4034	8.0047	32.5331
7	240	4.4759	5.4806	1.4987	8.2139	30.0374
8	180	5.1541	5.1930	1.6398	8.5154	26.9668
9	120	6.3070	4.7875	1.8417	8.8169	22.9201
10	60	10.1726	4.0943	2.3197	9.4976	16.7637
SUMA	4980	43.6404	58.1555	13.4415	73.4730	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	<b>4.4701</b>	<b>d=</b>	<b>87.3682</b>	<b>n=</b>	<b>-0.5375</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 5 años se detalla en la tabla 09, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 5- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 5 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 18 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 5 años.

**Tabla 9 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 10 Años.**

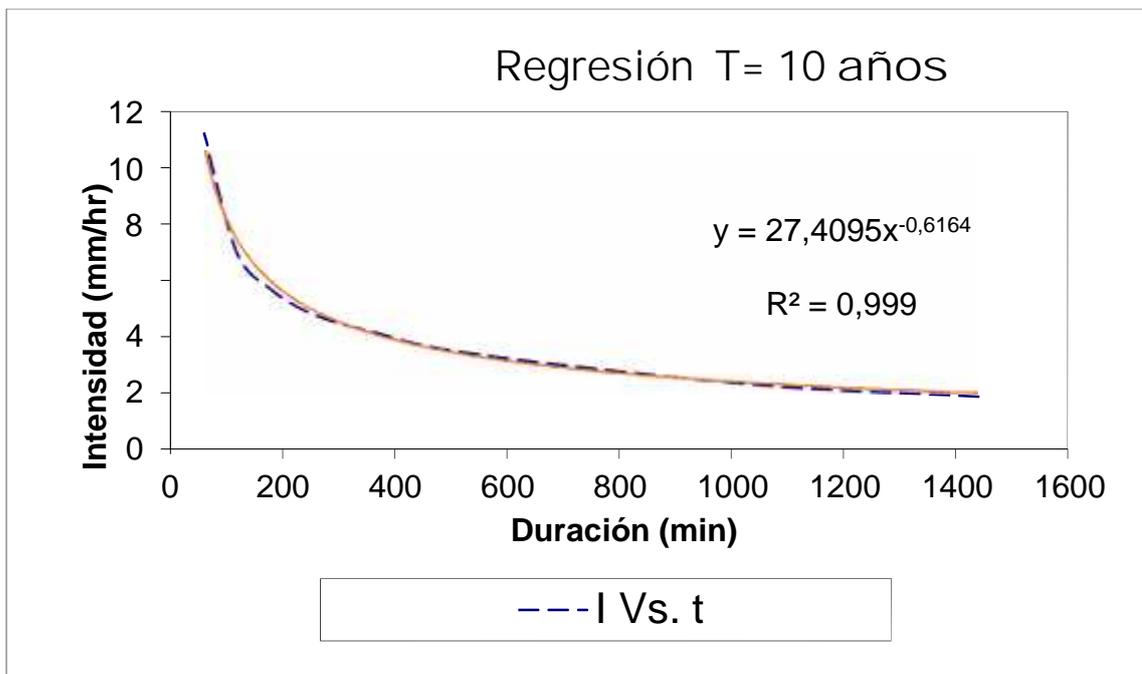
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.8694	7.2724	0.6256	4.5496	52.8878
2	1080	2.2432	6.9847	0.8079	5.6431	48.7863
3	720	2.9536	6.5793	1.0830	7.1255	43.2865
4	480	3.5892	6.1738	1.2779	7.8896	38.1156

5	360	4.1874	5.8861	1.4321	8.4293	34.6462
6	300	4.4865	5.7038	1.5011	8.5618	32.5331
7	240	4.9351	5.4806	1.5964	8.7492	30.0374
8	180	5.6829	5.1930	1.7375	9.0225	26.9668
9	120	6.9540	4.7875	1.9393	9.2845	22.9201
10	60	11.2162	4.0943	2.4174	9.8975	16.7637
SUMA	4980	48.1174	58.1555	14.4181	79.1526	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	4.5678	<b>d=</b>	96.3313	<b>n=</b>	-0.5375

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 10 años se detalla en la tabla 10, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 6- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 10 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 19 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 10 años.

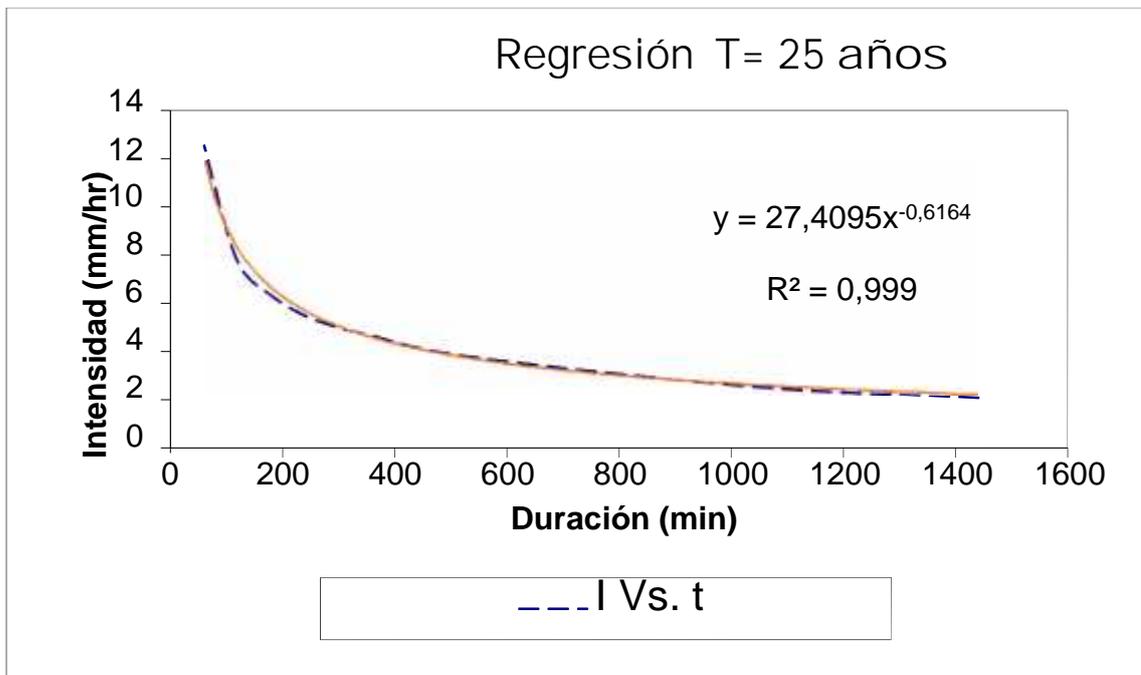
**Tabla 10 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 25 Años.**

N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.0891	7.2724	0.7367	5.3579	52.8878
2	1080	2.5070	6.9847	0.9191	6.4194	48.7863
3	720	3.3008	6.5793	1.1942	7.8568	43.2865
4	480	4.0111	6.1738	1.3891	8.5758	38.1156
5	360	4.6796	5.8861	1.5432	9.0836	34.6462
6	300	5.0139	5.7038	1.6122	9.1957	32.5331
7	240	5.5153	5.4806	1.7075	9.3583	30.0374
8	180	6.3510	5.1930	1.8486	9.5997	26.9668
9	120	7.7716	4.7875	2.0505	9.8166	22.9201
10	60	12.5348	4.0943	2.5285	10.3526	16.7637
SUMA	4980	53.7742	58.1555	15.5296	85.6165	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	4.6789	<b>d=</b>	107.6561	<b>n=</b>	-0.5375

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 25 años se detalla en la tabla 11, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 7- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 25 años.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Del mismo modo en la Figura 20 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 25 años.

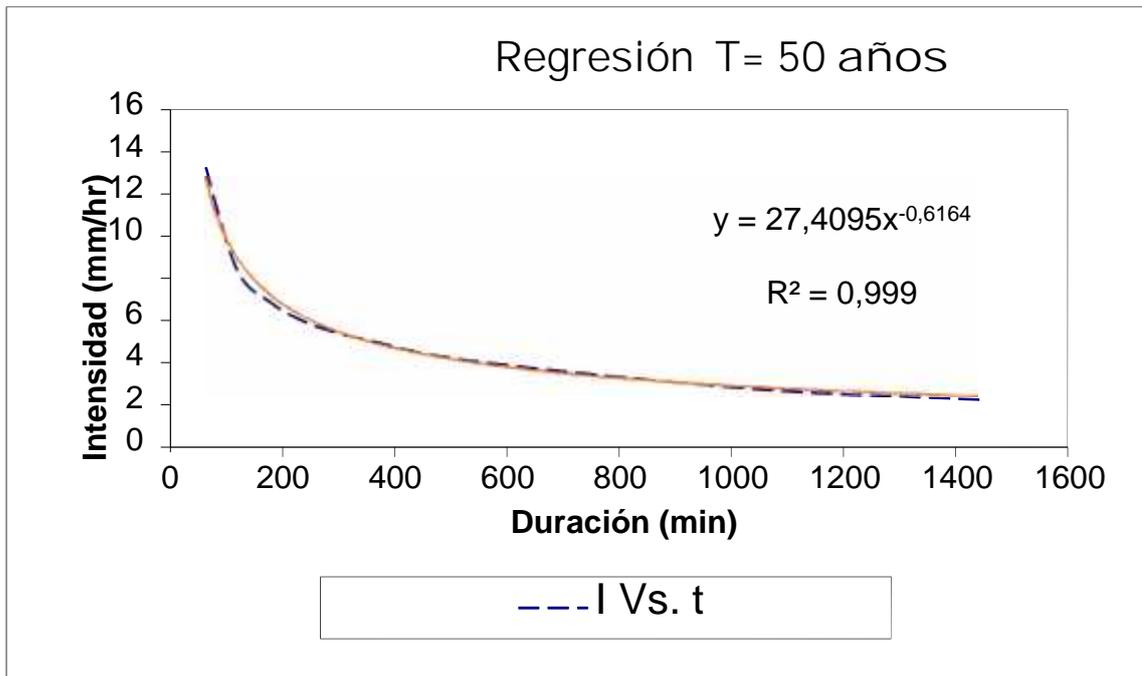
**Tabla 11 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 50 Años.**

<b>N°</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	2.2522	7.2724	0.8119	5.9044	52.8878
2	1080	2.7026	6.9847	0.9942	6.9443	48.7863
3	720	3.5584	6.5793	1.2693	8.3511	43.2865
4	480	4.3242	6.1738	1.4642	9.0398	38.1156
5	360	5.0448	5.8861	1.6184	9.5259	34.6462
6	300	5.4052	5.7038	1.6874	9.6243	32.5331
7	240	5.9457	5.4806	1.7827	9.7702	30.0374
8	180	6.8466	5.1930	1.9237	9.9899	26.9668
9	120	8.3780	4.7875	2.1256	10.1764	22.9201
10	60	13.5130	4.0943	2.6037	10.6602	16.7637
SUMA	4980	57.9707	58.1555	16.2810	89.9865	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	4.7541	<b>d=</b>	116.0575	<b>n=</b>	-0.5375

**Fuente: Elaboración Propia.**

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 50 años se detalla en la tabla 12, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 8- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 50 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 21 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 50 años.

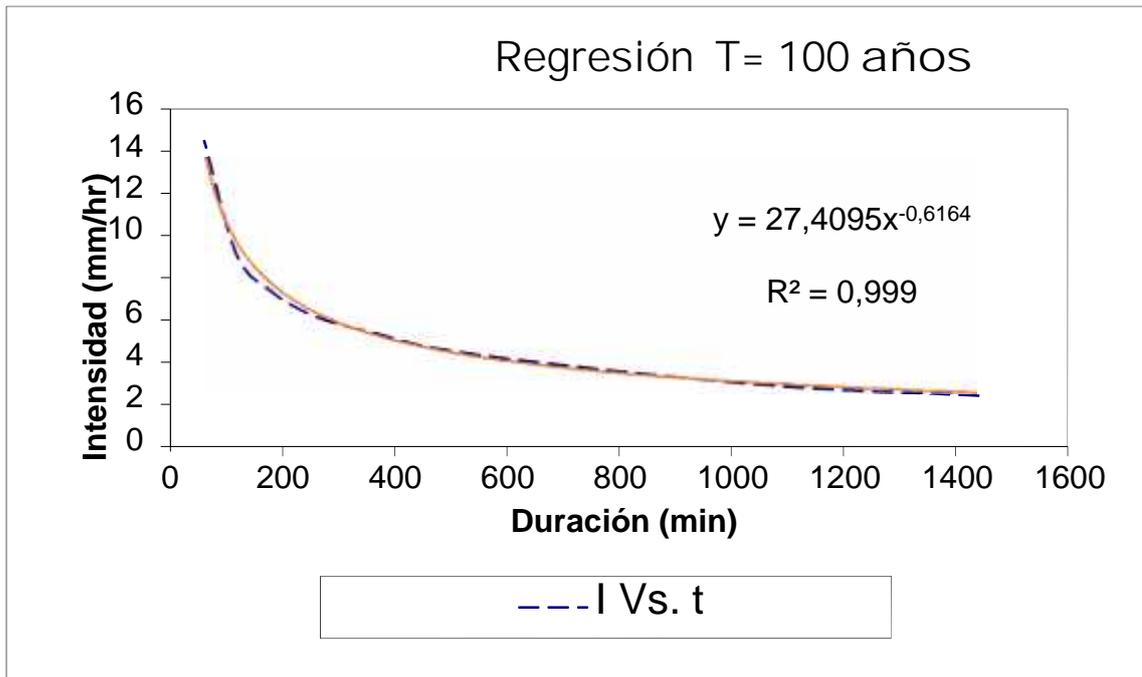
**Tabla 12 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 100 Años.**

N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.4140	7.2724	0.8813	6.4090	52.8878
2	1080	2.8968	6.9847	1.0636	7.4290	48.7863
3	720	3.8141	6.5793	1.3387	8.8077	43.2865
4	480	4.6349	6.1738	1.5336	9.4682	38.1156
5	360	5.4073	5.8861	1.6878	9.9343	34.6462
6	300	5.7936	5.7038	1.7568	10.0201	32.5331
7	240	6.3729	5.4806	1.8521	10.1505	30.0374
8	180	7.3385	5.1930	1.9931	10.3503	26.9668
9	120	8.9801	4.7875	2.1950	10.5086	22.9201
10	60	14.4840	4.0943	2.6730	10.9444	16.7637
SUMA	4980	62.1362	58.1555	16.9750	94.0220	346.9435
	Ln (d) =	4.8235	d=	124.3969	n=	-0.5375

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 100 años se detalla en la tabla 13, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 9- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 100 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 22 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 100 años.

**Tabla 13 – Representación Matemática de las Curvas Intensidad Para un Periodo de Retorno de 200 Años.**

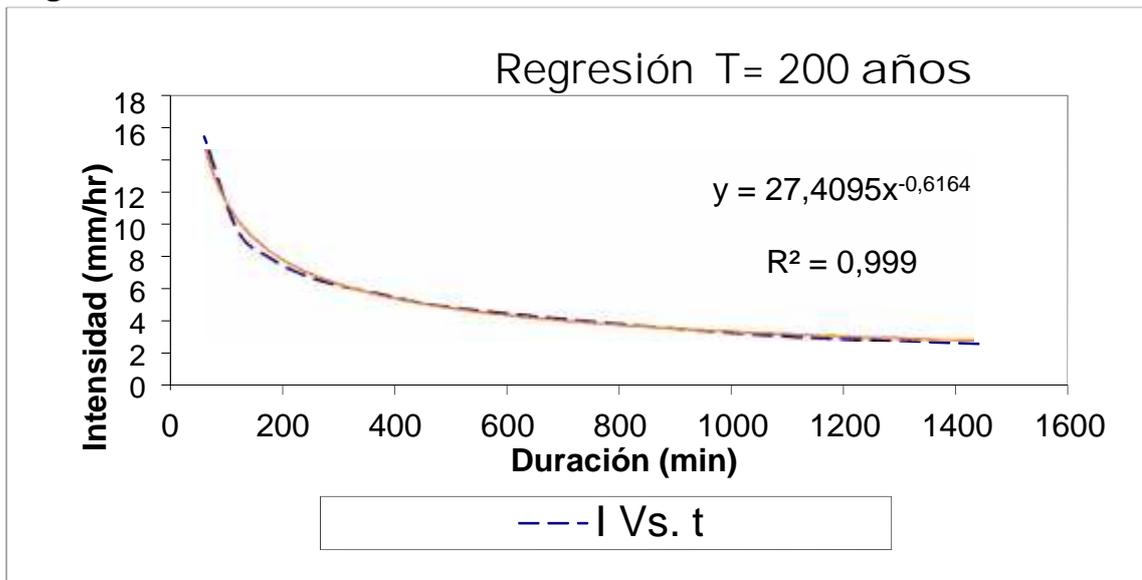
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.5752	7.2724	0.9459	6.8793	52.8878
2	1080	3.0903	6.9847	1.1283	7.8806	48.7863
3	720	4.0689	6.5793	1.4034	9.2331	43.2865

4	480	4.9444	6.1738	1.5983	9.8673	38.1156
5	360	5.7685	5.8861	1.7524	10.3149	34.6462
6	300	6.1806	5.7038	1.8214	10.3889	32.5331
7	240	6.7986	5.4806	1.9167	10.5048	30.0374
8	180	7.8287	5.1930	2.0578	10.6861	26.9668
9	120	9.5799	4.7875	2.2597	10.8181	22.9201
10	60	15.4514	4.0943	2.7377	11.2091	16.7637
SUMA	4980	66.2865	58.1555	17.6215	97.7822	346.9435
	<b>Ln (d) =</b>	4.8881	<b>d=</b>	132.7058	<b>n=</b>	-0.5375

Fuente: Elaboración Propia.

La representación matemática de la curva intensidad – duración – frecuencia en un periodo de retorno de 200 años se detalla en la tabla 14, esto basado en lo establecido por la distribución probabilística de Gumbel.

**Figura 10- Intensidad vs Duración en un Periodo de Retorno de 200 años.**



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo en la Figura 23 se muestra la gráfica de la distribución matemática considerando la intensidad (mm/hr) y la duración en minutos, esto considerando un periodo de retorno de 200 años.

**Tabla 14 – Resumen de Aplicación de Regresión Potencial.**

PERIDO DE RETORNO (AÑOS)	TERMINO CTTE DE REGRESION (d)	COEF. DE REGRESION (n)
2	73.8307	-0.5375
5	87.3682	-0.5375
10	96.3313	-0.5375
25	107.6561	-0.5375
50	116.0575	-0.5375
100	124.3969	-0.5375
200	132.7058	-0.5375
<b>PROMEDIO</b>	<b>105.4781</b>	<b>-0.5375</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 15, muestra el resumen de aplicación potencial en base a la constante de regresión (d), el coeficiente de regresión (n) y el periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años.

**Tabla 15 – Regresión Potencial.**

N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	73.8307	0.6931	4.3018	2.9818	0.4805
2	5	87.3682	1.6094	4.4701	7.1944	2.5903
3	10	96.3313	2.3026	4.5678	10.5177	5.3019
4	25	107.6561	3.2189	4.6789	15.0609	10.3612
5	50	116.0575	3.9120	4.7541	18.5981	15.3039
6	100	124.3969	4.6052	4.8235	22.2129	21.2076
7	200	132.7058	5.2983	4.8881	25.8989	28.0722
SUMA	392	738.3465	21.6396	32.4843	102.4647	83.3175
	<b>Ln (K) =</b>	4.2559	<b>K=</b>	70.5188	<b>m=</b>	0.1245
			<b>Termino constante de regresión (K) =</b>	<b>70.5188</b>		
			<b>Coef. de regresión (m) =</b>	<b>0.1245</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 16, muestra la regresión potencial de la curva de distribución de frecuencia Gumbel.

**Tabla 16 – Regresión Potencial.**

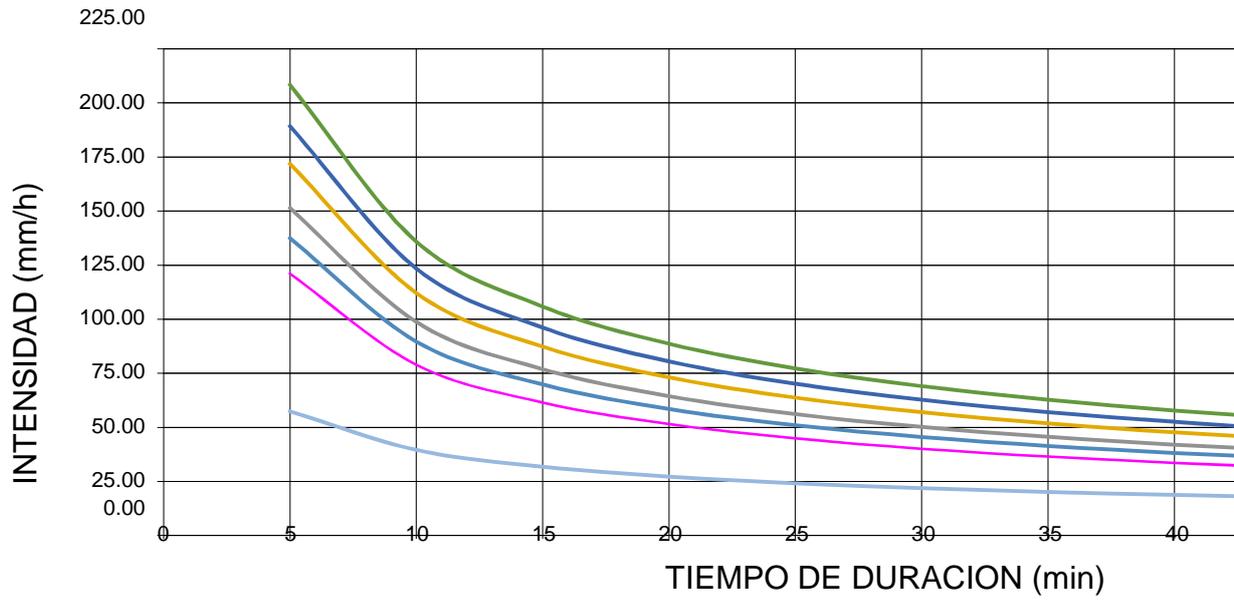
TABLA DE INTENSIDADES - TIEMPO DURACION										
FRECUENCIA AÑOS	DURACION									
	5 MIN	10 MIN	15 MIN	20 MIN	25 MIN	30 MIN	35 MIN	40 MIN	45 MIN	50 MIN
2	32.37	22.30	17.93	15.36	13.63	12.35	11.37	10.58	9.94	9.39
5	36.28	24.99	20.10	17.22	15.27	13.85	12.75	11.86	11.14	10.52
10	39.55	27.25	21.91	18.77	16.65	15.10	13.90	12.93	12.14	11.47
25	44.33	30.54	24.56	21.04	18.66	16.92	15.57	14.50	13.61	12.86
50	48.32	33.29	26.77	22.94	20.34	18.44	16.98	15.80	14.83	14.02
100	52.68	36.29	29.18	25.00	22.18	20.11	18.51	17.23	16.17	15.28
200	57.42	39.56	31.82	27.26	24.18	21.92	20.18	18.78	17.63	16.66

**Fuente: Elaboración Propia.**

Finalmente, la Tabla 17, se detalla los valores de intensidad – duración para los periodos de retorno requeridos: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años cada 5 minutos, donde se da inicio a los 5 minutos y culminando en los 60 minutos, lo que corresponde al lapso de una hora.

**Figura 11 - Intensidad - Duración - Frecuencia.**

**Curvas IDF**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Asimismo, en la figura 24, se muestra la distribución de IDF para los periodos requeridos 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años.

### Parámetros Hidráulicos:

➤ **Caudal de Diseño:** El cálculo de caudal de diseño se efectuará mediante el método racional el cual es aplicable para cuencas menores a 120 Ha, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

- 1- Determinar el área de influencia de la cuenca en hectáreas.
- 2- Seleccionar el coeficiente de escorrentía
- 3- Estimar la intensidad de lluvia máxima (mm/h).
- 4- Aplicar cálculos con la fórmula racional.

$$Q = C * i * A / 360$$

Q = La cantidad de escorrentía, en m<sup>3</sup>/s

C = El coeficiente de escorrentía. El coeficiente es seleccionado para reflejar las características de la cuenca.

I = intensidad promedio de lluvia para la frecuencia seleccionada y para la duración igual al tiempo de concentración (mm/h).

A = el área de la cuenca en Ha.

**Área de Influencia (Sub cuencas):** Con el desarrollo del levantamiento topográfico se ha logrado determinar 12 áreas de influencia de análisis, las cuales se detallan a continuación en la tabla 18.

**Tabla 17 – Calculo de Área Tributaria (Efectiva).**

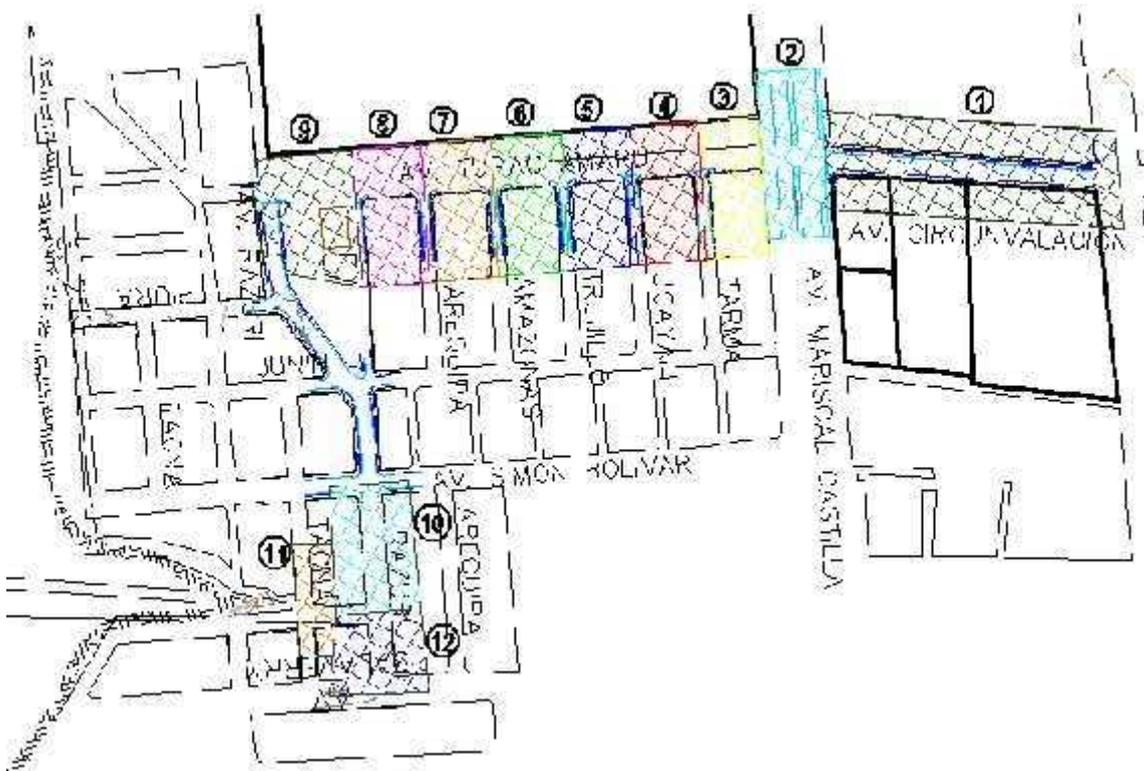
Descripción	Área	
	M2	Ha
Área Influencia N° 01	15,822.12	1.58
Área Influencia N° 02	5,839.52	0.58
Área Influencia N° 03	4,682.27	0.47
Área Influencia N° 04	5,235.34	0.52
Área Influencia N° 05	5,315.40	0.53
Área Influencia N° 06	5,385.40	0.54
Área Influencia N° 07	5,366.13	0.54
Área Influencia N° 08	5,215.17	0.52
Área Influencia N° 09	6,632.53	0.66
Área Influencia N° 10	5,811.92	0.58

Área Influencia N° 11	3,100.00	0.31
Área Influencia N° 12	4,175.72	0.42
<b>TOTAL</b>	<b>72,581.52</b>	<b>7.26</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 18, se detalla las características geométricas de las áreas tributarias (sub cuencas), por lo que el área está en hectáreas, consideración a tener en cuenta durante el diseño hidráulico del alcantarillado pluvial.

**Figura 12 – Área de las Sub Cuencas.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 25, se muestra la delimitación de las sub cuencas consideradas para el diseño hidráulico.

**Coefficiente de Escorrentía:** En la tabla 19, se muestran los coeficientes de escorrentía promedio para las áreas urbanas, para la zona en estudio le corresponde un coeficiente entre 0.70 y 0.95, por lo que se considerara el promedio de ambos  $C= 0.825$ .

**Tabla 18 – Coeficientes de Escorrentía Promedio Para Áreas Urbanas.**

Características de la superficie	Coeficiente de Escorrentía	
	Min	Max
<b>Calles</b>		
Pavimento Asfáltico	0.70	0.95
Pavimento de concreto	0.80	0.95
Pavimento de Adoquines	0.70	0.85
Veredas	0.70	0.85
Techos y Azoteas	0.75	0.95
<b>Césped, suelo arenoso</b>		
Plano ( 0 - 2%) Pendiente	0.05	0.10
Promedio ( 2 - 7%) Pendiente	0.10	0.15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.15	0.20
<b>Césped, suelo arcilloso</b>		
Plano ( 0 - 2%) Pendiente	0.13	0.17
Promedio ( 2 - 7%) Pendiente	0.18	0.22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.25	0.35
Praderas		0.20

Fuente: Elaboración Propia.

**Intensidad de Lluvia Máxima:** En la tabla 20, se muestra el cálculo de la intensidad de lluvia máxima, para la zona en estudio se ha determinado 43 mm/h como intensidad máxima de lluvia.

**Tabla 19 – Calculo de la Intensidad de Lluvia Máxima.**

Cálculo de la intensidad de lluvia Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano	
<b><math>i = a (1+K \text{ Log } T) (t + b) ^ (n-1)</math></b>	
i	= Intensidad de la lluvia (mm/hora)
a	= parámetro de intensidad (mm)
K	= parámetro de frecuencia (adimensional)
b	= parámetro (hora)
n	= parámetro de duración (adimensional)
t	= duración (hora)
$P_{24}$	= $\varepsilon_s \cdot (1 + K \cdot \log T)$
$P_{24}$	= Máxima Precipitación en 24 horas
T	= tiempo de retorno duración de la lluvia diaria, asumido un promedio
$t_g$	= de 15.2 para Perú.

K	=	$K'_g$
b	=	0.5 horas (Costa, centro y sur) 0.4 horas (Sierra) 0.2 horas (Costa norte y Selva)
$e_g$	=	Parámetro para determinar $P_{24}$ .

Consideraciones de Diseño:

Se usa el Método Racional que es aplicable para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup>

según Norma peruana OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO

Según norma OS.060. el periodo de retorno será de 2 a 10 años.

a =	14.000 mm	(Tabla 3.b)
K =	0.553	(Tabla 3.a)
T =	10.000 años	Retorno
t =	1.000 h	Duración
b =	0.400 h	(Zona Sierra)
n =	0.232	(Tabla 3.b)

i =	43.000 mm/h
-----	-------------

Fuente: Elaboración Propia.

**Aplicación de la Formula – Método Racional:** Con los datos obtenidos procederemos a determinar el caudal de diseño:

En la tabla 21, se muestra el cálculo del caudal de diseño, para la zona en estudio se ha determinado un caudal de 0.716 m<sup>3</sup>/seg.

**Tabla 20 – Estimación del Caudal de Diseño.**

para	$C =$	0.83
para	$I =$	43 (mm/h)
para	$A =$	7.26 (Km <sup>2</sup> )
	$Q =$	0.716 (m <sup>3</sup> /s)

Fuente: Elaboración Propia.

- **Red de Alcantarillado:** el diseño de la red de alcantarillado contempla el planteamiento hidráulico de los buzones y del diámetro de las tuberías.

**Buzones:** De acuerdo al planteamiento hidráulico y al levantamiento topográfico se ha determinado 36 buzones (18 aguas arriba y 18 aguas abajo), cuyas características se describen en la Tabla 22:

**Tabla 21 – Planteamiento Hidráulico de Buzones.**

Tramo			BUZON AGUAS ARRIBA			BUZON AGUAS ABAJO			LONGITUD
No	Numero BUZÓN	Numero BUZÓN	COTA	H FT	COTA	COTA	H FT	COTA	TRAMO (m)
			TERRENO	mts.	FONDO T	TERRENO	mts.	FONDO T	
1	BZP-01	BZP-04	3256.00	1.80	3254.20	3255.45	1.80	3253.65	41.82
2	BZP-04	BZP-05	3255.45	1.80	3253.65	3254.78	1.80	3252.98	51.45
3	BZP-05	BZP-06	3254.78	1.80	3252.98	3254.11	1.80	3252.31	51.98
4	BZP-06	BZP-07	3254.11	1.80	3252.31	3253.43	1.80	3251.63	51.94
5	BZP-07	BZP-08	3253.43	1.80	3251.63	3252.64	1.80	3250.84	52.10
6	BZP-08	BZP-09	3252.64	1.80	3250.84	3251.91	1.80	3250.11	51.87
7	BZP-09	BZP-10	3251.91	1.80	3250.11	3251.10	1.80	3249.30	50.08
8	BZP-10	BZP-11	3251.10	1.80	3249.30	3250.30	1.80	3248.50	52.27
9	BZP-11	BZP-12	3250.30	1.80	3248.50	3248.58	1.80	3246.78	35.00
10	BZP-12	BZP-13	3248.58	1.80	3246.78	3244.78	1.80	3242.98	30.00
11	BZP-13	BZP-14	3244.78	1.80	3242.98	3243.84	1.80	3242.04	35.26
12	BZP-14	BZP-15	3243.84	1.80	3242.04	3243.27	1.80	3241.47	40.00
13	BZP-15	BZP-16	3243.27	1.80	3241.47	3243.07	1.80	3241.27	26.29
14	BZP-16	BZP-17	3243.07	1.80	3241.27	3242.59	1.80	3240.79	63.96
15	BZP-17	BZP-18	3242.59	1.80	3240.79	3242.47	1.80	3240.67	16.39
16	BZP-18	BZP-19	3242.47	1.80	3240.67	3242.01	1.80	3240.21	80.17
17	BZP-19	BZP-20	3242.01	1.80	3240.21	3240.35	1.80	3238.55	54.11
18	BZP-20	BZP-EX	3240.35	1.80	3238.55	3234.12	2.20	3231.92	38.02

Fuente: Elaboración Propia.

**Tuberías:** De acuerdo al planteamiento hidráulico y al levantamiento topográfico se ha determinado el diámetro y longitudes de tramos de las tuberías, cuyas características se describen en la Tabla 23:

**Tabla 22 – Planteamiento Hidráulico y Características Geométricas de Tuberías.**

Av. Túpac Amaru			L	Cota ini.	Cota fin.	Q	S	A	T	P	R	Y	V	F
No	De	A	(m)	msnm	msnm	(l/s)	m/m	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	N° Froude
<b>Tramo Av. Túpac Amaru</b>														
I	BZP-01	BZP-04	41.82	3254.20	3253.65	209.58	1.32%	0.10	0.34	0.83	0.12	0.30	2.13	1.30
II	BZP-04	BZP-05	51.45	3253.65	3252.98	254.88	1.30%	0.11	0.37	0.89	0.13	0.32	2.23	1.30
III	BZP-05	BZP-06	51.98	3252.98	3252.31	305.53	1.29%	0.13	0.39	0.95	0.14	0.34	2.33	1.30
IV	BZP-06	BZP-07	51.94	3252.31	3251.63	356.96	1.31%	0.15	0.42	1.01	0.15	0.36	2.43	1.30
V	BZP-07	BZP-08	52.10	3251.63	3250.84	409.06	1.52%	0.15	0.43	1.03	0.15	0.37	2.66	1.40
VI	BZP-08	BZP-09	51.87	3250.84	3250.11	460.98	1.41%	0.17	0.45	1.10	0.16	0.39	2.67	1.40
VII	BZP-09	BZP-10	50.08	3250.11	3249.30	511.43	1.62%	0.18	0.46	1.11	0.16	0.40	2.88	1.50
VIII	BZP-10	BZP-11	52.27	3249.30	3248.50	575.60	1.53%	0.20	0.48	1.17	0.17	0.42	2.91	1.50
<b>Tramo: Av. Razuri</b>														
IX	BZP-11	BZP-12	35.00	3248.50	3246.78	575.60	4.91%	0.13	0.39	0.94	0.14	0.34	4.50	2.50
X	BZP-12	BZP-13	30.00	3246.78	3242.98	575.60	12.67%	0.09	0.33	0.79	0.11	0.28	6.42	3.90
XI	BZP-13	BZP-14	35.26	3242.98	3242.04	575.60	2.67%	0.16	0.44	1.06	0.15	0.38	3.58	1.90
XII	BZP-14	BZP-15	40.00	3242.04	3241.47	575.60	1.43%	0.20	0.49	1.19	0.17	0.43	2.83	1.40
XIII	BZP-15	BZP-16	26.29	3241.47	3241.27	575.60	0.76%	0.26	0.55	1.34	0.19	0.48	2.24	1.00
XIV	BZP-16	BZP-17	63.96	3241.27	3240.79	575.60	0.75%	0.26	0.55	1.34	0.19	0.48	2.23	1.00
XV	BZP-17	BZP-18	16.39	3240.79	3240.67	575.60	0.73%	0.26	0.56	1.35	0.19	0.48	2.21	1.00
XVI	BZP-18	BZP-19	80.17	3240.67	3240.21	672.23	0.57%	0.32	0.62	1.49	0.22	0.53	2.09	0.90
<b>Tramo: Psje Santo Domingo</b>														
XVII	BZP-19	BZP-20	54.11	3240.21	3238.55	702.23	3.07%	0.18	0.46	1.11	0.16	0.40	3.97	2.00
XVIII	BZP-20	BZP-EX	38.02	3238.55	3231.92	702.23	17.44%	0.09	0.33	0.80	0.12	0.29	7.61	4.60

Fuente: Elaboración Propia.

### C) Costos de Construcción del Sistema de Alcantarillado Pluvial

#### Parámetros Hidrológicos:

- **Planilla de Metrados:** De acuerdo al desarrollo de la planilla de metrados de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado pluvial, se presenta en la tabla 24 el resumen de los metrados:

**Tabla 23 – Hoja de Resumen de Metrados.**

ITEM	PARTIDA	TOTAL	UND
	<b>SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL</b>		
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	1.00	UND
01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA GUARDIANA Y/O ALMACEN	3.00	MES
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	1.00	GBL
01.04	CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE	55.13	ML
01.06	DEMOLICION DE ELEMENTOS DE CONCRETO	3.12	M3
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
<b>02.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL.	974.51	M2
02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DE NIVELES DURANTE EL PROCESO	974.51	M2
02.01.03	SEÑALIZACION PARA LIMITE DE SEGURIDAD VIAL (4 USOS)	2,115.86	ML
<b>03</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.01	EXCAVACION DE ZANJAS CON MAQUINARIA PARA TUB.	1,368.14	M3
03.02	EXCAVACION DE ZANJA, MANUAL EN TERRENO NORMAL	320.31	M3
03.03	ACARREO MANUAL DE MAT. DE PRESTAMO P/RELLENO	760.09	M3
03.04	REFINE Y NIVEL DE ZANJA P/TUBERIA	1,057.93	ML
03.05	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.15	172.30	ML
03.06	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.05	106.64	ML
03.07	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.00	192.53	ML
03.08	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.95	101.95	ML
03.09	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.90	228.10	ML
03.10	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.60	256.41	ML
03.11	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.80m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.15m	172.30	ML
03.12	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.70m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.05m	106.64	ML
03.13	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.65m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.00m	192.53	ML

03.14	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.60m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.95m	101.95	ML
03.15	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.55m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.90m	228.10	ML
03.16	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.25m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.60m	256.41	ML
03.17	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.15m	172.30	ML
03.18	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.05m	106.64	ML
03.19	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.00m	192.53	ML
03.20	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.95m	101.95	ML
03.21	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.90m	228.10	ML
03.22	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.60M	256.41	ML
03.23	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.15m	172.30	ML
03.24	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.05m	106.64	ML
03.25	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.00m	192.53	ML
03.26	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.95m	101.95	ML
03.27	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.90m	228.10	ML
03.28	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.60M	256.41	ML
03.29	RELLENO COMPACTADO A MANO	228.34	M3
<b>03.30</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b>		
03.30.01	ACARREO DE MAT. P/ELIMINACION	844.22	M3
03.30.02	CARGUIO DE MATERIAL P/ELIMINACION	1,043.54	M3
03.30.03	TRANSPORTE DE MAT. P/ELIMINACION	1,043.54	M3
<b>04</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>		
04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=750 MM	172.30	ML
04.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=650 MM	106.64	ML
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=600 MM	192.53	ML
04.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=550 MM	101.95	ML
04.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=500 MM	228.10	ML
04.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=200 MM	256.41	ML
04.09	CACHIMBAS DE 200 MM A 750 MM P/TUB	8.00	UND
04.10	CACHIMBAS DE 200 MM A 600 MM P/TUB	4.00	UND
04.11	CACHIMBAS DE 200 MM A 550 MM P/TUB	6.00	UND
04.12	CACHIMBAS DE 200 MM A 500 MM P/TUB	16.00	UND
04.14	PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO	1,057.93	ML
<b>05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>		
<b>05.01</b>	<b>BUZONES</b>		

05.01.01	CONSTRUCCION DE BUZON ESTANDAR F'C=175KG/CM2, H = 1.50 - 2.00 M	20.00	UND
05.01.02	DADOS DE CONCRETO	44.00	UND
<b>05.02</b>	<b>SUMIDEROS PLUVIALES</b>		
05.02.01	CONSTRUCCION DE SUMIDEROS	34.00	UND
05.02.02	TAPA DE INSPECCION PARA REJILLA DE SUMIDERO	34.00	UND
05.02.03	VENTANA SUMIDERO 0.60X0.30 m	34.00	UND
<b>05.03</b>	<b>REPOSICION DE PAVIMENTO</b>		
05.03.01	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE	11.03	M3
05.03.02	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	11.03	M3
05.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	55.13	M2
05.03.04	REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	55.13	M2
<b>05.04</b>	<b>REPOSICION DE ELEMENTOS DE CONCRETO</b>		
05.04.01	REPOSICION DE VEREDA F'C=175 KG/CM2.	31.23	M2
05.04.02	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	3.12	M3
<b>06</b>	<b>VARIOS</b>		
06.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	974.51	M2
06.01	PLACA RECORDATORIA	1.00	UND
<b>07</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
07.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	1.00	GLB

Fuente: Elaboración Propia.

- **Análisis de Costos Unitarios:** De acuerdo al desarrollo de la incidencia de la mano de obra, materiales y/o insumos, herramientas y equipos de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado pluvial, se presenta en la tabla 25 los costos unitarios de cada partida:

**Tabla 24 – Costo Unitario por Partida.**

ITEM	PARTIDA	PRECIO UNITARIO	UND
	<b>SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL</b>		
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	1,123.59	UND
01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA GUARDIANIA Y/O ALMACEN	381.36	MES
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	1,916.94	GBL
01.04	CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE	28.74	ML
01.06	DEMOLICION DE ELEMENTOS DE CONCRETO	68.67	M3
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
<b>02.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL.	1.17	M2
02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DE NIVELES DURANTE EL PROCESO	0.95	M2
02.01.03	SEÑALIZACION PARA LIMITE DE SEGURIDAD VIAL (4 USOS)	1.10	ML
<b>03</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		

03.01	EXCAVACION DE ZANJAS CON MAQUINARIA PARA TUB.	17.04	M3
03.02	EXCAVACION DE ZANJA, MANUAL EN TERRENO NORMAL	46.34	M3
03.03	ACARREO MANUAL DE MAT. DE PRESTAMO P/RELLENO	23.17	M3
03.04	REFINE Y NIVEL DE ZANJA P/TUBERIA	9.61	ML
03.05	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.15	16.30	ML
03.06	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.05	12.47	ML
03.07	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=1.00	11.51	ML
03.08	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.95	10.82	ML
03.09	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.90	9.65	ML
03.10	PREPARACION DE CAMA DE APOYO e=0.10m ARENA GRUESA, W=0.60	6.42	ML
03.11	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.80m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.15m	33.57	ML
03.12	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.70m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.05m	25.97	ML
03.13	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.65m H/LA CLAVE DE TUB, W=1.00m	23.16	ML
03.14	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.60m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.95m	20.72	ML
03.15	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.55m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.90m	18.53	ML
03.16	PRIMER RELLENO Y COMP. DE ZANJA (PULSO) H= 0.25m H/LA CLAVE DE TUB, W=0.60m	9.01	ML
03.17	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.15m	41.93	ML
03.18	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.05m	32.46	ML
03.19	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.00m	29.29	ML
03.20	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.95m	26.72	ML
03.21	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.90m	24.55	ML
03.22	SEGUNDO RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.60M	15.75	ML
03.23	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.15m	35.67	ML
03.24	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.05m	26.74	ML
03.25	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=1.00m	23.83	ML
03.26	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.95m	21.54	ML
03.27	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.90m	19.63	ML
03.28	TERCER RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON 50% MATERIAL PROPIO + 50% MATERIAL DE PRESTAMO, W=0.60M	12.48	ML
03.29	RELLENO COMPACTADO A MANO	30.86	M3
<b>03.30</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b>		
03.30.01	ACARREO DE MAT. P/ELIMINACION	8.30	M3
03.30.02	CARGUIO DE MATERIAL P/ELIMINACION	7.47	M3

03.30.03	TRANSPORTE DE MAT. P/ELIMINACION	19.66	M3
<b>04</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>		
04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=750 MM	543.20	ML
04.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=650 MM	443.14	ML
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=600 MM	337.58	ML
04.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=550 MM	309.96	ML
04.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=500 MM	281.13	ML
04.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFILADA PVC RIB D=200 MM	78.10	ML
04.09	CACHIMBAS DE 200 MM A 750 MM P/TUB	560.02	UND
04.10	CACHIMBAS DE 200 MM A 600 MM P/TUB	362.02	UND
04.11	CACHIMBAS DE 200 MM A 550 MM P/TUB	335.62	UND
04.12	CACHIMBAS DE 200 MM A 500 MM P/TUB	308.02	UND
04.14	PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO	2.62	ML
<b>05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>		
<b>05.01</b>	<b>BUZONES</b>		
05.01.01	CONSTRUCCION DE BUZON ESTANDAR F'C=175KG/CM2, H = 1.50 - 2.00 M	2,052.92	UND
05.01.02	DADOS DE CONCRETO	93.56	UND
<b>05.02</b>	<b>SUMIDEROS PLUVIALES</b>		
05.02.01	CONSTRUCCION DE SUMIDEROS	1,029.28	UND
05.02.02	TAPA DE INSPECCION PARA REJILLA DE SUMIDERO	63.96	UND
05.02.03	VENTANA SUMIDERO 0.60X0.30 m	63.15	UND
<b>05.03</b>	<b>REPOSICION DE PAVIMENTO</b>		
05.03.01	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE	111.12	M3
05.03.02	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	111.12	M3
05.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	6.34	M2
05.03.04	REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	56.07	M2
<b>05.04</b>	<b>REPOSICION DE ELEMENTOS DE CONCRETO</b>		
05.04.01	REPOSICION DE VEREDA F'C=175 KG/CM2.	41.07	M2
05.04.02	REPOSICION DE MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	111.12	M3
<b>06</b>	<b>VARIOS</b>		
06.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	1.39	M2
06.01	PLACA RECORDATORIA	1,162.38	UND
<b>07</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
07.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	2,000.00	GLB

Fuente: Elaboración Propia.

- **Presupuesto:** Teniendo en consideración la planilla de metrados y los costos unitarios de cada partida que intervienen en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado pluvial, se presenta en la tabla 26 el presupuesto que implica la construcción del sistema de alcantarillado:

**Tabla 25 – Presupuesto del Sistema de Alcantarillado Pluvial.**

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDA</b>	<b>MONTO PARCIAL</b>
	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	
01	OBRAS PROVISIONALES	5,983.30
02	OBRAS PRELIMINARES	4,393.41
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS	193,412.50
04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	337,347.51
05	OBRAS DE CONCRETO	92,013.57
06	VARIOS	7,516.95
07	IMPACTO AMBIENTAL	2,000.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>642,667.24</b>

**Fuente: Elaboración Propia.**

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de Resultados Específicos

- A. La norma O.S.060 – RNE, establece los criterios que deberán tenerse en consideración para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial que forman parte del drenaje urbano de una ciudad. Tal es así que menciona que todo proyecto de sistema de alcantarillado pluvial (drenaje urbano) deberá contar como mínimo con los parámetros de diseño siguientes:
- ✓ Método de estimación de caudales: De acuerdo a la norma O.S.060, el método de estimación de caudales para un sistema de drenaje urbano menor (al ser el área intervenida menor a 13 km<sup>2</sup>) es el método racional.
  - ✓ Periodo de retorno de la tormenta: Según lo estipulado en la norma O.S.060, el periodo de retorno para el diseño del drenaje urbano menor es de 2 a 10 años.
  - ✓ Coeficiente de escorrentía: El coeficiente de escorrentía está de acuerdo a lo citado norma O.S.060 (2014).
- B. Para realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos, en primera instancia se llevó a cabo la delimitación de las áreas de las subcuencas, determinándose un área de 72,581.52 m<sup>2</sup> equivalente a 7.26 ha. En los cálculos hidrológicos se consideró los datos de precipitación de la estación pluviométrica Santa Ana, comprendidos desde el año 1994 al año 2019 lo que hace un total de 26 años, obteniéndose de esta forma la precipitación máxima registrada de 48.00 mm en el año 2019. Con las precipitaciones máximas anuales se llegó a determinar la distribución de probabilidades pluviométricas de acuerdo al método Gumbel, esta metodología probabilística fue usado también por otros Tesistas como (Yañez, 2014)(19) y (Gonzales, 2018) los cálculos matemáticos del método gumbel se

plasman desde la tabla 03 a la tabla 16, siendo tabulados para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años, con estos datos también se determinaron las precipitaciones máximas e intensidad para diferentes los tiempos de duración de lluvias en 24 horas, así mismo se determino el coeficiente de regresión para el cálculo de intensidad de precipitación en 60 minutos, teniendo como resultado para 2 años 8.51mm, para 5 años 9.44 mm para 10 años 10.40 mm para 25 años 11.66mm, para 50 años 12.71mm, para 100 años 13.85 mm y para 200 años 15.10 mm, con estos coeficientes de obtuvo la curva de intensidad – duración y frecuencia de los periodos de retorno, en consecuencia a ello estos de acuerdo con las Tesistas en el uso probabilístico de este método (Ozoriaga & Sanabria, 2017), que mencionan que el estudio hidrológico se realiza en base a datos de precipitación mensual de la estación pluviométrica del Shullcas.

- C. Para determinar el costo de construcción del sistema de alcantarillado pluvial en la avenida Túpac Amaru, como primer paso se realizó la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades, finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción del sistema de drenaje pluvial es de S/ 642,667.24 soles. Este presupuesto se considera económico y se concuerda con la Tesista (Ozoriaga & Sanabria, 2017) en el presupuesto de construcción del Drenaje Pluvial.

## CONCLUSIONES

- A. La norma O.S.060 – RNE, establece los criterios que deberán tenerse en consideración para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial que forman parte del drenaje urbano de una ciudad, tal es así que menciona que todo proyecto de sistema de alcantarillado pluvial (drenaje urbano) deberá contar como mínimo con los parámetros de diseño siguientes: Método de estimación de caudales, periodo de retorno de la tormenta y coeficiente de escorrentía.
- B. El estudio hidrológico permitió trabajar con los datos de precipitaciones que se dieron entre los años de 1994 a 2019, y mediante el método Gumbel, se determinó el coeficiente de regresión para el cálculo de intensidad de precipitación en 60 minutos, teniendo como resultado para 2 años 8.51mm, para 5 años 9.44 mm para 10 años 10.40 mm para 25 años 11.66mm, para 50 años 12.71mm, para 100 años 13.85 mm y para 200 años 15.10 mm, con estos coeficientes se obtuvo la curva de intensidad – duración y frecuencia de los periodos de retorno. El estudio hidráulico permitió realizar un diseño adecuado del sistema de alcantarillado pluvial, por lo que se emplearán tuberías de 500 mm, 550 mm, 600 mm, 650 mm y 750 mm de diámetro, ubicadas entre buzones de 1.80 a 2.20 m de altura.
- C. Para determinar el costo de construcción del sistema de alcantarillado pluvial en la avenida Túpac Amaru, como primer paso se realizó la cuantificación de los metros de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades, finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metro con sus respectivos costos unitarios, se logró determinar que el costo de construcción del sistema de drenaje pluvial es de S/ 642,667.24 soles.

## RECOMENDACIONES

1. Para realizar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial es recomendable tener en consideración lo indicado en la norma OS. 0.60 del Reglamento Nacional de Edificaciones, así mismo se debe tener en cuenta las condiciones de topografía y las características del lugar en donde se pretende realizar el sistema de alcantarillado pluvial.
2. En la búsqueda de optimizar los diseños de sistemas de alcantarillado pluvial es recomendable utilizar software, con el cual al realizar el modelamiento se podría obtener mejores resultados.
3. Para determinar el presupuesto, es recomendable previamente hacer la cotización de precios puesto que los costos de los materiales y de mano de obra tienden a sufrir variación con el transcurrir del tiempo y de esta obtener un presupuesto acorde para la construcción del sistema de alcantarillado pluvial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) López. (2016). Diseño y Simulación de una Red de Drenaje Pluvial para la Zona Centro - Este de la Ciudad de Trinidad. Santa Clara - Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- (2) Rodríguez, J. (2013). Nuevas tendencias en La gestión del drenaje pluvial en una cuenca urbana. Logroño - España: Universidad de Rioja.
- (3) Rivadeneira, M. J. (2012). Diseño del Sistema de Alcantarillado pluvial del Barrio La Campiña del Inca Cantón Quito Provincia de Pichincha. Quito: Universidad Católica del Ecuador.
- (4) Gonzales, P. S. (2018). Modelo de drenaje pluvial, para eventos extraordinarios, aplicando SWMM en el distrito de Cura Morí, Región Piura. Piura. Piura.
- (5) Humpiri Pari, V. H., & Rojas Naira, C. (2016). Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la Aplicación del Software Swmm. Juliaca: Universidad Nacional del Altiplano.
- (6) Urbano, B. S. (2017). Diseño Alternativo de un Sistema de Drenaje Pluvial para las avenidas Antonio Raymond y Mariscal Luzuriaga en la Ciudad de Huaraz. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- (7) Ozoriaga, A. M., & Sanabria, L. A. (2017). Diseño Del Sistema De Alcantarillado Pluvial En El Jirón Loreto Tramo Amazonas –Calle Real Distrito De Huancayo, Provincia Huancayo – Región Junín 2016. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- (8) Villon, B. M. (2011). Hidrología. Lima: Villon.
- (9) Segerer, C. D., & Villodas, R. (2006). Hidrología I. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- (10) Manual De Hidrología, Hidráulica y Drenaje. (2008). MTC. Lima - Perú.
- (11) Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México D.F.
- (12) OS.060. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. En C. y. Ministerio de Vivienda. Lima.
- (13) GMMF. (2005). SWMM Manual de Gestion de aguas pluviales. GMMF.

- (14) Reglamento Nacional de Edificaciones, OS. 060 (Decreto Supremo N° 022 26 de noviembre de 2009).
- (15) D.L. 1356 Vivienda. (JULIO de 2018). Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de Drenaje Pluvial. Lima, Perú: Perú.
- (16) Barrientos, G. E. (2013). Investigación Educativa. Lima: Multiservicios RDM imagen corporativa SAC.
- (17) Castro, L. Z. (2016). Teoría y práctica de la investigación científica. Huancayo: PERUGRAPH SRL.
- (18) CAPECO. (2014). Análisis de Precios Unitarios en Edificaciones. Lima: CAPECO.
- (19) Yáñez, E. (2014). Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en el Jr. Angamos y Jr. Santa Rosa. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Planilla de Metrados.

ANEXO 03 – Análisis de Costos Unitarios.

ANEXO 04 – Presupuesto.

ANEXO 05 – Planos.