



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propuesta y diseño de alcantarillado pluvial como consecuencia de las inundaciones en el distrito de Independencia – Huaraz – Áncash, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Mejía Cadillo, Brayhan Rommel Wisley (ORCID: 0000-0003-2030-782X)

ASESOR:

Mgtr. Monja Ruiz, Pedro Emilio (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

CHIMBOTE - PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por guiarme por buen camino y permitirme llegar casi al punto final de mi carrera dándome salud y fuerzas para lograr mis objetivos sin perder la iniciativa de seguir adelante.

A mi familia quien por ellos soy lo que soy, más que todo para mis padres que siempre me han brindado su apoyo en todo momento, por sus consejos constantes, sus valores, por la motivación constante que ha influenciado siempre para ser una persona de bien. Me han dado lo necesario para ser como soy, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.

EL AUTOR

Agradecimiento

Agradecer a mis compañeros, amigos y a los honorables profesores que lograron hacer que esta tesis sea posible su elaboración dándome la guía necesaria para el desarrollo de este proyecto de investigación.

EL AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	15
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización	33
3.3. Población, (criterios de selección), muestra, muestreo unidad de análisis	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos.....	34
3.6. Método de análisis de datos.....	35
3.7. Aspectos éticos	35
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS	53

Índice de contenidos

Contenido 1: Operacionalización de variables	54
Contenido 2: Parámetros estadísticos.....	65
Contenido 3: Parámetros estadísticos de chi-cuadrado	66
Contenido 4: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV	69
Contenido 5: Prueba Smirnov-kolgomorov.....	71
Contenido 6: Prueba Chi-cuadrado	72
Contenido 7: Resultados de la precipitación máxima para los diferentes periodos de retorno.....	73
Contenido 8: Precipitaciones máximas por periodo de retorno por factor de ajuste propuesto	102

Índice de tablas

Tabla 1: Pendientes máximas permisibles de alcantarillas de aguas lluvias.....	29
Tabla 2: Características del alcantarillado existente	36
Tabla 3: Ubicación georeferenciada.....	55
Tabla 4: Ubicación política	55
Tabla 5: Parámetros geomorfológicos.....	56
Tabla 6: Estación meteorológica automática Recuay.....	57
Tabla 7: Registro de precipitaciones máximas	57
Tabla 8: Parámetros estadísticos	59
Tabla 9: Precipitaciones máximas por año.....	62
Tabla 10: Número de datos ordenados	63
Tabla 11: Intensidades máximas según método IILA-SENAMHI-UNI.....	95
Tabla 12: Precipitaciones máximas según periodo de retorno	97
Tabla 13: Método racional para un tiempo de concentración de 10 minutos ...	97
Tabla 14: Método racional para un tiempo de concentración de 16.682 minutos según IILA-SENAMHI-UNI	98
Tabla 15: Cálculo de caudal por método Mac-Math	98
Tabla 16: Intensidades máximas según método IILA-SENAMHI-UNI - propuesta	124
Tabla 17: Precipitaciones máximas según periodo de retorno - propuesta....	126
Tabla 18: Método racional para un tiempo de concentración de 10 minutos - propuesta	126
Tabla 19: Método racional para un tiempo de concentración de 16.682 minutos según IILA-SENAMHI-UNI - propuesta	127
Tabla 20: Cálculo de caudal por método Mac-Math - propuesta	127

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1: Umbrales mínimos y máximos	61
Gráfico 2: Frecuencia relativa de datos observados y esperados	67
Gráfico 3: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 2 años	75
Gráfico 4: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 5 años	76
Gráfico 5: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 10 años	77
Gráfico 6: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 25 años	78
Gráfico 7: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 50 años	79
Gráfico 8: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 100 años	80
Gráfico 9: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 200 años	81
Gráfico 10: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 500 años	82
Gráfico 11: Regresión potencial de todos los periodos de retorno	83
Gráfico 12: Gráfico de curvas intensidad-duración-frecuencia IDF	84
Gráfico 13: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años	85
Gráfico 14: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años	86
Gráfico 15: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años	87
Gráfico 16: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años	88
Gráfico 17: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años	89
Gráfico 18: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años	90
Gráfico 19: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años	91
Gráfico 20: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años	92
Gráfico 21: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 2 años - propuesta	104
Gráfico 22: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 5 años - propuesta	105
Gráfico 23: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 10 años - propuesta	106
Gráfico 24: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 25 años - propuesta	107
Gráfico 25: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 50 años - propuesta	108
Gráfico 26: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 100 años - propuesta	109

Gráfico 27: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 200 años - propuesta	110
Gráfico 28: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 500 años - propuesta	111
Gráfico 29: Regresión potencial de todos los periodos de retorno - propuesta	112
Gráfico 30: Gráfico de curvas intensidad-duración-frecuencia IDF - propuesta	113
Gráfico 31: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años - propuesta	114
Gráfico 32: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años - propuesta	115
Gráfico 33: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años - propuesta	116
Gráfico 34: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años - propuesta	117
Gráfico 35: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años - propuesta	118
Gráfico 36: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años - propuesta	119
Gráfico 37: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años - propuesta	120
Gráfico 38: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años - propuesta	121

Resumen

La presente tesis titulada “Propuesta y diseño de alcantarillado pluvial como consecuencia de las inundaciones en el distrito de Independencia – Huaraz – Áncash, 2021” se encuentra dentro de la línea de investigación de diseño de obras hidráulicas y saneamiento.

Con la presente investigación se busca diseñar un nuevo sistema de alcantarillado pluvial determinado por un nuevo caudal que cubra con las necesidades actuales de manera sostenible a través del tiempo a manera que; el sistema propuesto funcione bajo las situaciones climatológicas condicionantes por el cambio climático y que éste se desempeñe eficientemente en todo su periodo de vida útil satisfaciendo la demanda del caudal propuesto de la tormenta de diseño con la finalidad de dar solución a los problemas causados por las inundaciones. De acuerdo al fin que persigue la investigación es de tipo aplicada con un diseño de tipo correlacional. Para la población de la presente tesis se tomó la red de drenaje que existe en el Distrito de Independencia.

Palabras clave: Alcantarillado pluvial, drenaje, inundaciones.

Abstract

This thesis entitled "Storm sewer and design proposal as a consequence of the floods in the district of Independencia - Huaraz - Áncash, 2021" is within the line of research of design of hydraulic works and sanitation.

The present research seeks to design a new storm sewer system determined by a new flow that meets current needs in a sustainable way over time such that; the proposed system works under the climatological conditions that are conditioned by climate change and that it performs efficiently throughout its useful life satisfying the demand for the proposed flow of the design storm in order to solve the problems caused by floods. According to the purpose of the research, it is applied with a descriptive-correlational design. For the population of the present thesis, the existing storm sewer network of the District of Independencia was taken.

Keywords: Storm sewer, drainage, flooding.

I. INTRODUCCIÓN

El ciclo entre la lluvia y la escorrentía es alterado debido a la consecuencia de los sistemas constructivos y de planeación territorial que enmarca la normatividad peruana: el agua proveniente de las precipitaciones debe ser eliminadas raudamente. Para eso se deberá de prevenir los malos tiempos, que el agua se retenga en las ciudades o en el terreno y la absorción de la misma, a su vez la de incrementar la circulación del fluido hacia las cotas con más desnivel de la cuenca. Este proceso se desarrolla en que el sistema de captación se acumule de agua de precipitación, un mayor caudal recogido por la escorrentía, es decir, una corriente de agua que provenga de las partes más elevadas de la cuenca hacia las más zonas con más depresión donde se ubique la población. En conclusión, cuando la civilización o crecimiento demográfico se asienta en zonas altas debido a su posición geográfica perjudica a la población que se encuentra sentada en las partes más bajas, ocasionando perjuicios ya que un mayor caudal no será transportado por el sistema de drenaje ya diseñado, generando malestar por las inundaciones que se presentan.

Perú es un país que está dando un paso importante dentro del marco de la transición, las simulaciones estadísticas muestran un importante avance en los cálculos de asentamiento urbano en el futuro llegando a ser un total en el territorio nacional de 82%. Esto debido a que las riquezas y producción económica, seguridad social se encuentran situadas en las ciudades, debido al aglomeramiento de las personas en dichas zonas que no se encuentran planificado en ningún programa, muchas de esas zonas son antiguas desembocaduras de ríos que se activan ante precipitaciones altas, causando desastres debido al caudal derivado por múltiples factores que afectan al ecosistema de la cuenca.

Dada su ubicación geográfica Perú es un país que viene severamente afectado por el cambio climático, entre ellos el fenómeno del niño repercute en las tres zonas geográficas (costa, sierra y selva) con precipitaciones más frecuentes e intensas, para las ciudades que no tienen un plan de derivación de este tipo de eventos climáticos la población se ve a la merced de sufrir las consecuencias de inundaciones, desastres del patrimonio, huaycos y más, este tipo de impactos

negativos son costosos para los gobiernos y tienen una etapa de recuperación que lleva mucho tiempo en ser atendidas.

Como consecuencia del fenómeno del niño en éste nuevo milenio en el Perú se evidenció la precariedad en la cual vivimos frente a un buen sistema de drenaje pluvial, siendo no solo una falta de diseño en las viviendas sino también una mala infraestructura urbana que derive todo el exceso de agua de lluvia fuera de la ciudad de forma que prevenga el inconveniente en la población y provea de una cultura preventiva ante la vida de sus ciudadanos y por el valor de la sociedad (propiedad privada y pública). Por otra parte, el drenaje pluvial se desarrolla con mayor naturalidad en un área no desarrollada siendo ésta un factor integrado en la retribución hidrológica. La naturaleza posee su propio sistema de drenaje, siempre se encuentran en movimiento o en pleno uso de sus capacidades, afectado por su terreno, ubicación, condiciones climáticas. La no planificación entre los gobiernos y la población hace que los habitantes formen sus asentamientos en lugares donde no se apto residir, muchos de estos lugares simplemente son heredados por sus antepasados quienes no tuvieron inconvenientes por el factor climático, ahora las nuevas necesidades hacen que se tenga que diseñar alcantarillado pluviales para la derivación del caudal efectivo, Los sistemas de alcantarillado tienen como fin derivar el agua proveniente de las precipitaciones hacia la desembocadura más alejada a la ciudad siendo ríos o el mismo mar, la finalidad del sistema de drenaje es salvaguardar la obras del estado y la vida del poblador.

En el distrito de Independencia durante estos últimos años se vino observando deficiencias en su sistema de alcantarillado, tales como colmatación de alcantarillas, deficiencias en el funcionamiento de los colectores, falta de colectores en puntos estratégicos, alcantarillas ciegas, colectores con rieles faltantes, falta de estructuras de inspección y/o limpieza y la inexistencia de estructuras que retengan sólidos de arrastre en las quebradas que influyen al sistema de alcantarillado. Las deficiencias citadas, producen inundaciones en las vías públicas, corrientes de agua con velocidades considerables en calles con láminas que obligan a paralizar las actividades por periodos mayores a los 30 minutos, y en muchos de los casos ocasiona el escurrimiento de flujo superficial a las viviendas aledañas generando

daños a la propiedad y contaminación que afecta el estatus de las personas en temas de calidad.

El crecimiento significativo en la población de todo Huaraz, y específicamente en el distrito de Independencia, y su falta de planificación en el desarrollo humano, ha conllevado al colapso de la red de alcantarillado sobrepasando en mucho de los casos la capacidad para las que se diseñaron, generando malestar en los peatones porque están expuestos a que puedan ser empapados por el paso de los vehículos, deficiencias en la transitabilidad de los vehículos; durante en el tránsito sobre las alcantarillados pluviales defectuosos puede dañar severamente a los vehículos generando pérdidas económicas a sus dueños y esto también puede conllevar a accidentes a quienes se trasladan en las unidades vehiculares. Es por ello que a raíz de tales problemas planteados se originó la presente investigación, donde se evaluó los alcantarillados pluviales, para de esta manera dar a conocer la siguiente propuesta de diseño.

En nuestro estudio se formuló la siguiente pregunta ¿Cuál es el estado de funcionamiento de los alcantarillados pluviales como consecuencia de las inundaciones en el distrito de Independencia – Huaraz?

Como justificación teórica se determinará el estado de funcionamiento de los alcantarillados pluviales como consecuencia de las inundaciones, mediante la evaluación y el alcance de una propuesta de mejoramiento de los alcantarillados pluviales en el distrito de Independencia - Huaraz. Como justificación económica los resultados de esta investigación redundan en elevar la rentabilidad económica del distrito de Independencia, ya que dentro del distrito en mención todas las actividades se desenvolverán con normalidad en épocas de lluvia y también permitirá un tránsito seguro. Como justificación social nuestra investigación beneficiará a los habitantes del distrito de Independencia, ya que este proyecto evitará deficiencias en la transitabilidad de los vehículos, inundaciones en las vías públicas, corrientes de agua con velocidades considerables en calles con láminas que obligan a paralizar las actividades por periodos mayores a los 30 min.

Además, se tiene como objetivo general el planteamiento de una propuesta y el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Independencia – Huaraz

y como objetivos específicos; se diagnosticará el estado en el que se encuentra el alcantarillado pluvial existente, también se determinará los parámetros de diseño del drenaje pluvial y se elaborará la propuesta del nuevo diseño del drenaje pluvial.

Por hipótesis se tendrá una propuesta de diseño del alcantarillado pluvial, aplicando norma OS. 060 y aportes internacionales para el distrito de estudio, esto aminorará el inconveniente de las inundaciones producto de las precipitaciones y láminas superficiales de agua en la zona.

II. MARCO TEÓRICO

Existe una escasa serie dentro de la línea investigación de drenaje pluvial urbano, tanto a nivel nacional e internacional, que ha servido de referencia en el desarrollo de la investigación. Dentro de la investigación se pudo encontrar documentación donde se detallan las características y principales componentes de drenaje, así como un análisis de su funcionamiento, considerando las condiciones del desarrollo del área, en el contexto donde fueron realizados los estudios.

Por ello en el ámbito internacional, el autor Otalora (2018, p. 12) en su investigación “Propuesta de alcantarillado pluvial para garantizar el drenaje para escorrentía superficial - Barrio San Vicente Suroriental, localidad San Cristóbal - Bogotá D.C.” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño fue guiado bajo los lineamientos reconocidos en su normativa siendo la NS-085 por la EAB, adicionalmente el instrumento que se usó para el modelado fue con el programa Sewer Gems que verificó el comportamiento que generó en la simulación, con respecto a los resultados obtenidos, el autor creyó conveniente proyectar las redes de apoyo para un periodo de 5 años de retorno, teniendo como meta diseñar un sistema de drenaje en su zona de estudio y así no dar resolución a los inconvenientes que vienen padeciendo los pobladores, la conclusión que se llegó a realizar fue la de trabajar acorde a la reglamentación ameritaba, diseñando el área con parámetros establecidos y recomendados por autores expertos en la materia, a su vez se tuvo que complementar con obras tales como los sumideros, sardineles drenantes, esto debido a que las precipitaciones en la zona eran muy intensas.

Así como también el autor Lacerda (2018, p. 4) en su tesis “Proyecto de drenaje y vialidad interna para el loteo Quintas de Lugones” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño fue definir los escurrimientos producidos en las cuencas, el instrumento que se usó fueron los datos del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para la realización de las curvas de nivel, teniendo como objetivo general el de realizar una simulación hidráulica e hidrológica en su investigación necesarias para conocer las propiedades de drenaje y funcionalidad en su zona de estudio”, en conclusión se determinó el planteamiento y diseño de las lagunas de regulación para la restitución de los escurrimientos naturales de la zona intervenida y la regulación del exceso del caudal.

Además, el autor Cando (2017, p. 14) en su tesis “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el sector el Capricho ubicado en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola - provincia de Napo” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño se basó bajo las normas vigentes del EX-IEOS de Ecuador, el instrumento que se usó fueron levantamientos topográficos y mapas hidrológicos del INAMHI, teniendo como objetivo general la de dimensionar en su zona de investigación, en conclusión se realizó dos trazados para la red del alcantarillado pluvial de las cuales se adoptó la de un nuevo sistema que contenía las partes de conductor elaborados encontrándose en óptimo desempeño, con el fin de no interceder con la carretera principal de la zona E-35.

Así mismo el autor Quiranza (2016, p. 12) en su tesis titulada: “Diseño del alcantarillado pluvial de la cabecera de la parroquia La Unión, del Cantón Atacames, provincia de Esmeraldas” menciona que es su tipo de investigación es de carácter descriptiva , el proyecto se centró en brindar todas las comodidades que vienen padeciendo los pobladores de la Unión a través de un sistema de drenaje, el instrumento que usó fueron levantamientos topográficos y mapas hidrológicos del INAMHI, teniendo como objetivo general elaborar un sistema de drenaje que siga los lineamientos y criterios requeridos para sus presentes y futuros habitantes del sector urbano de la parroquia La Unión, en conclusión desarrolló un diseño que proporcionó una correcta evacuación, previniendo cualquier tipo de inundación y estancamiento de aguas.

Por otro lado, el autor Hernández (2016, p. 24) en sus tesis “Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad de Durazno, Chimaltenango, Chimaltenango” menciona que es del tipo descriptivo, el diseño desarrolló un proyecto donde involucrada todo un sistema de redes de agua potable como también red de colectora de desagüe como pluvial, el instrumento que usó para la obtención de los datos hidrográficos fue la estación Alameda Icta - Insivumeh, teniendo como objetivo general la de desarrollar un diseño que cubra con las necesidades actuales de la población, en conclusión, la composición de la infraestructura sanitaria y colectora con criterios sostenibles para tener un armónico desempeño con el medio ambiente satisfacía la problemática que vivía la comunidad al tener un sistema que brinda el fluido vital a sus viviendas

y que derive, evacúe las aguas residuales y derive el exceso de agua por las precipitaciones.

En los antecedentes nacionales, según el autor Floriano (2019, p.14) en su tesis titulada: “Propuesta de drenaje pluvial en la urbanización Praderas III etapa, del distrito de Nuevo Chimbote - Santa - Áncash” menciona que es del tipo descriptivo, el diseño se realizó para la elaboración del diseño del drenaje pluvial, el instrumento que usó para obtención de los resultados fue el software Hcanales, teniendo como objetivo general realizar un diseño del sistema de alcantarillado específicamente para el agua de lluvia, en conclusión realizó los cálculos mediante el software Hcanales para obtener los resultados del modelamiento hidráulico de dicha urbanización.

Así mismo el autor Del Águila (2019, p. 11) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Antonio de Paujilzapa, Buenos Aires, Picota, 2018” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño se realizó para hallar los parámetros de diseño del sistema del drenaje pluvial, los instrumentos que utilizó fueron las guías, la información topográfica y geodésica fueron desarrollados en plantillas vinculándoles con medidos bajo los criterios hidráulicos e hidrológicos en el programa de Autodesk, teniendo como meta de proyecto, el de diseñar la red de drenaje pluvial, en conclusión, realizó 04 calicatas para la determinación del tipo de terreno en donde se va a proyectar su investigación quien en sus ensayos se vio reflejado que la superficie contenía bajas concentraciones de sales solubles y cloruros por lo que para no incrementar el coste de la obra se recomendó el empleo de cemento tipo I.

Igualmente, el autor Cuti (2018, p. 4) en su tesis “Drenaje pluvial urbano en la localidad de Espinar, provincia de Espinar, región Cusco” menciona que es de tipo descriptivo, la investigación fue para determinar la lluvia de diseño, el instrumento que usó para la simulación de la red de drenaje fue mediante el software Water Management Model (SWMM), este programa permitió modelar el sistema de forma dinámica, es decir, para un determinado lapso de tiempo se tenía un parámetro de caudal distinto, teniendo como objetivo la mejora y mantención de un eficiente manejo de las aguas provenientes de la precipitación, la conclusión en la que llegó el investigador fue que el factor escorrentía se debía dar por la vía de acceso

vehicular, por lo que se recomendó realizar el diseño con una pendiente de dos por ciento.

Por otro lado, el autor Urbano (2017, p. 12) en su tesis “Diseño alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz - 2015” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño que usó fue la normatividad vigente que regula los criterios y parámetros de diseño de drenaje en el territorio nacional, los instrumentos que utilizó fue un levantamiento topográfico y la recopilación de información pluviométrica para posterior efectos de diseños se encuentra entre los intervalos de 2012 – 2015, en Shancayán estación EM-10, teniendo como objetivo de proyectar y dimensionar una red de drenaje que aumente la capacidad del sistema existente, en conclusión, se determinaron los aspectos hidrológicos relevantes como son: lluvias del proyecto, características geomorfológicas de la cuenca, temperatura y demás cálculos paramétricos de diseño de una red de alcantarillado pluvial.

Así mismo, el autor Liza (2017, p. 11) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial del distrito de ciudad Eten, Lambayeque 2017” menciona que es de tipo descriptivo, el diseño fue el análisis de diversos aspectos de la problemática del drenaje pluvial, el instrumento que usó para el diseño fue el software Hcanales, teniendo como objetivo general la de predimensionar una red de alcantarillado en su zona de investigación, en conclusión, se realizó el cómputo del caudal de cada tramo de calle, se halló las características técnicas gracias a la fórmula de Manning, empleando la iteración se pudo obtener el tirante hidráulico, este tirante sirvió para el diseño de las cunetas.

También es necesario tener ciertas nociones sobre algunas definiciones para el desarrollo del objetivo de esta investigación y dentro de estas definiciones es necesario saber en primera instancia que son los alcantarillados pluviales e hidrología.

La hidrología es el estudio que engloba al ciclo hidrológico, así como a muchos sistemas involucrados en el ámbito territorial de tal ciclo, así también, es la geociencia que detalla y estima los cambios del espacio y de temporadas que tiene el agua en la capa terrestre, marítima y en la atmósfera del sistema hídrico completo. También analiza y describe el flujo del recurso hídrico superficialmente y

por debajo, estos incluyen los procesos físicos, químicos y biológicos que conlleva su trayectoria (Digman, 1994, p. 17).

Dentro del interés del estudio de la hidrología existen los elementos que componen el ciclo hidrológico. Las aguas de lluvia que llegan a la superficie terrestre pueden dividirse en almacenamiento por infiltración, así como almacenamiento superficial en la capa terrestre (detención y retención). El almacenamiento por detención se mantiene por un lapso de tiempo corto de duración por el flujo hacia las partes de afuera del almacenamiento mientras que el almacenamiento por retención se mantiene por un lapso de tiempo largo y este concluye por la evaporación. La hidrología tiene muchas ramas de estudio y una de las más importantes es la hidrología urbana y esta se encarga de estudiar la hidrología de los territorios urbanos y metropolitanos, los terrenos que más predominan son los casi impermeables y la orografía artificial del terreno donde se viene estudiando particularmente el origen de crecimiento urbano (Unesco, 2001, p. 11).

El ciclo hidrológico se podría representar mediante un sistema estructural o volumétrico en una zona definida por un límite, cuyo elemento central será el desarrollo relacionado de las variables hidrológicas; los sistemas próximos serán aquellos que tiene como margen las capas que están al nivel de la atmósfera y los sistemas que están profundos geológicamente.

El área de terreno del flujo de una cuenca de drenaje son todas las aguas de lluvia que se conglomeran para dar paso a una sola corriente del recurso hídrico (agua). Cada flujo de agua tiene una cuenca ya bien establecida a lo largo de su trayecto. (Villón, 2002, p. 62).

Una de las unidades básicas dentro del ámbito de la hidrología es el estudio de la cuenca hidrológica. Este es un territorio dentro de los límites de la superficie terrestre donde si se le atribuyera una capa impermeable, las gotas de agua de las precipitaciones caerían sobre ella y serían transportadas o drenadas por un sistema de corriente en dirección hacia la misma disposición final. (Aparicio, 1997, p. 15).

La cuenca hidrológica tiene como definición que es la totalidad de la zona drenada por una corriente pluvial o un sistema interconectado de cauces, las cuales hacen que todo el escurrimiento que se originó en aquella zona, sea descargado o transportado hacia un único punto de salida. (Villón, 2002, p. 103).

La cuenca es la zona de la capa terrestre en la cual las aguas de la precipitación son transportadas por medio del sistema de drenaje hacia las partes más bajas de la topografía de la zona de estudio. Esto generalmente se llevará a cabo en un colector que se encargará de realizar las descargas a otras cuencas vecinas o al litoral oceánico. Desde una perspectiva de su salida, hay dos tipos de cuencas: las cuencas endorreicas que son de carácter cerrado donde su flujo de salida se encuentra al interno de los parámetros de la cuenca que normalmente es un lago y las cuencas exorreicas que son de carácter abierto donde su flujo de salida se encuentra dentro de los parámetros de la cuenca y al mismo tiempo tiene como disposición final una corriente de agua o el mar. La base de la conformación de una cuenca se constituye a favor de dos condiciones importantes que son las topográficas y geológicas de la superficie. Las cuencas que están formadas por condiciones topográficas se describen por la cubierta de tierra, tamaño, uso, forma, ubicación general, pendiente, red de alcantarillado, elevación, entre otros. Las cuencas que están formadas por condiciones geológicas se describen por su estratificación, tipo de suelo, formación de aguas freáticas, permeabilidad. Geomorfológicamente se caracterizan por la trayectoria de la corriente que circula por la salida de la cuenca y esta es de mayor orden, la longitud es la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba, donde secciona la línea del margen de la cuenca, uno de los indicadores más importantes para un nivel de respuesta de una cuenca ante las precipitaciones pluviales es la pendiente, este cambia a lo largo del trayecto del cauce, por lo que se definirá una pendiente media y por último orden de la corriente es un indicador del grado de bifurcación. (Villón, 2002, p. 104).

Originándose en las nubes, las precipitaciones es toda forma de humedad que aterriza en sobre la capa terrestre. Desde la perspectiva de la ingeniería hidrológica, nos señala que las aguas de lluvia son la fuente primordial de la capa terrestre y

sus parámetros constituyen el punto de partida del análisis que concierne el uso del agua y su control. La precipitación es el principal elemento del escurrimiento de la superficie terrestre y de los suelos subterráneos, para definir el escurrimiento de la superficie terrestre es sumamente importante la realización de un estudio del volumen o capacidad de las aguas de lluvia, ya que las dos variables están relacionadas entre sí. Es por eso, que los estudios de alcantarillado inician del análisis de las aguas de lluvia para hallar las dimensiones para obras de alcantarillado pluvial con el fin de aminorar los gastos de diseño. Para la medición de las aguas de lluvia se utilizan instrumentos como pluviómetros. (Villón, 2002, p. 65).

La intensidad tiene por definición que es el caudal de la precipitación de las aguas de lluvia en un área por una unidad de tiempo, la intensidad de lluvia se puede también definir como la magnitud promedio para una zona de drenaje, la alternativa de la intensidad tiene como base el lapso de tiempo que dura la precipitación de diseño, durante este lapso de tiempo será equivalente al tiempo de concentración para la zona que se realizará el drenaje a consideración, el tiempo de concentración es la duración que emplea la zona drenada en ayudar a la para su disposición final, así como en el momento en que se manifiesta el caudal máximo de dicha zona de estudio. (Reglamento nacional de edificaciones, 2006, p. 136).

El escurrimiento es el flujo de agua proveniente de las precipitaciones que recorre sobre o bajo la superficie terrestre y que al final de su trayecto viene a ser drenada por una corriente. El escurrimiento comienza sobre el área de un terreno una vez que en la superficie terrestre llega a la capacidad cercana a su máxima humedad, casi a la saturación, posteriormente se va iniciando un flujo de agua tanto en las laderas como entre las distintas capas de la superficie terrestre, entre las fisuras de los riscos o por los bordes entre distintos materiales de diversas características que se encuentran en el cauce, que se abastece por cuatro distintos tipos de fuente, a esto se le atribuye flujo subsuperficial. En el primer proceso, el cauce se incorpora dentro en algún sistema secundario dentro de la cuenca de drenaje. Con respecto al segundo proceso, el ingreso de las aguas subsuperficiales permanecerá dentro de profundos sistemas y otra parte de estas se mantendrán almacenadas

temporalmente y otra parte volverá a la superficie terrestre. La clasificación de las fuentes de mayor importancia del escurrimiento en causas se dividen en cuatro: La influencia directa de la precipitación con respecto al cauce, principalmente se genera a las reducidas áreas que mayormente engloba los ríos y corrientes. Flujo subsuperficial, en este caso, los volúmenes de agua varían con respecto a la temporada de estiaje, estos podrán aligerar con una cadencia continua y en otros casos contribuirán la suma suficiente para sostener los gastos dentro del cauce, constituyendo corrientes intermitentes. Flujo base, se puede definir como la contribución de un sistema acuífero leve con respecto a un cauce definido. Finalmente, el escurrimiento directo es el volumen que va vinculado con las aguas de lluvia, teniendo en cuenta el flujo sobrante una vez establecidas las tres fuentes primeras. Las características climatológicas que influyen al escurrimiento son: humedad, precipitación, presión atmosférica, intensidad, viento, duración, dirección de movimiento de la lluvia, humedad del suelo, distribución por área, calentamiento global, distribución por tiempo y radiación solar. (Villón, 2002, p. 105).

Existen dos tipos de sistema de alcantarillado pluvial: los alcantarillados convencionales y los alcantarillados no convencionales, en lo que conlleva el sistema convencional existen dos tipos: los alcantarillados separados y los combinados, en relación al primero, son aquellos sistemas que son independientes con respecto a la disposición final de aguas residuales y las aguas pluviales. Comenzando por el alcantarillado sanitario, el diseño de su sistema es para el almacenamiento de las aguas tanto residuales domésticas como las aguas industriales, por otra parte, el alcantarillado pluvial, el diseño de su sistema tiene como finalidad evacuar la escorrentía superficial producida por las aguas de lluvia para su disposición final, con relación al segundo, el alcantarillado combinado, su sistema evacúa al mismo tiempo tanto las aguas industriales, como domésticas, aguas de lluvia y residuales. Los sistemas no convencionales están clasificados según el tipo de tecnología aplicada y en general se encarga de la disposición final de las aguas residuales. El alcantarillado simplificado, se realiza con el mismo diseño y con los mismos parámetros de un alcantarillado convencional, considerando la aminoración de los diámetros de las cámaras de inspección y la longitud entre estas porque cuentan con mejores estructuras de mantenimiento.

Asimismo, el alcantarillado condominial su principal función es la acumulación de las aguas residuales de un menor grupo de predios para la evacuación a un alcantarillado convencional. Y en último lugar tenemos el alcantarillado a presión que son sistemas que condiciona las aguas por medio de un tanque interceptor, para luego conducir el agua a una planta de tratamiento a un alcantarillado convencional a lo largo de tuberías de diámetro de energía uniforme y por tanto pueden trabajar a presión en algunas secciones. (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 55).

Una de las principales funciones del alcantarillado pluvial es la conducción, control y manejo adecuado de la escorrentía de las aguas pluviales en forma independiente de las aguas residuales. Y transportarlas o dejarlas en lugares donde no ocasionen daños e inconvenientes a los moradores de las ciudades. (Perales, 2014, p. 12).

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una serie de redes, estructuras de captación y estructuras complementarias. Teniendo como propósito el control, la conducción y el manejo de las aguas de lluvia que aterrizan sobre la parte alta de las edificaciones, sobre los jardines, calles, veredas, avenidas, etc. Tratando de evitar la conglomeración o concentración y el drenado de la zona. De esta manera se aminora bajos ciertos estándares de seguridad la conformación de inundaciones, daños materiales y humanos. (Perales, 2014, p. 18).

Con el sistema de alcantarillado se logra transportar la escorrentía con la energía natural o fuerza de gravedad, evitando que estas aguas pluviales formen charcos, formen caídas perpendiculares o cascadas, que aumenten la conducción de los mismos, para ello se hace necesario conocer la topografía del terreno, el cálculo hidráulico que minimice la generación de la energía propia de los líquidos en movimiento. El objetivo funcional del sistema de alcantarillado es la de hacer fluir el líquido elemento provenientes de las lluvias, desde los espacios de recolección hasta un punto final de almacenamiento o descarga, al menor costo presupuestal (Perales, 2014, p. 18).

Los requerimientos de funcionalidad para un adecuado diseño de una red de alcantarillado pluvial son los diámetros de las tuberías y la velocidad de transporte del líquido: Diámetros: Se refiere a la sección diametral mínima del tubo del alcantarillado mínimo para sistema de alcantarillado pluvial: 250 mm. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo es de 150 mm. (Perales, 2014, p. 20).

Velocidad en los conductos: En los casos de diseño de alcantarillado pluvial, la velocidad mínima a tubo lleno deberá ser de 0,75 m/s. Por el contrario, las velocidades máximas para todo sistema de alcantarillado se verán afectados por el material con el cual se fabrican los materiales. (Reglamento nacional de edificaciones, 2006, p. 1.35).

Los sistemas de alcantarillado son estructuras, obras de ingeniería civil, las cuales son diseñadas para transportar las aguas hervidas y las aguas de lluvia capturadas en las zonas urbanas para su evacuación.

Alcantarillado Pluvial Particular: Es una clase de alcantarillado en donde el sistema de instalaciones pluviales que se ubica al interno de una propiedad privada tales como casas, fincas o edificios, este alcantarillado dispone el transporte del escurrimiento superficial pluvial en el área instalada, dispone de en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún canal o tubería al interno de del margen de la propiedad, de la mano a las condiciones particulares del proyecto. (Ley general de drenaje, 2018, p. 4).

Alcantarillado Pluvial General Particular: Son estructuras sistematizadas en formas de redes que se encargan de la captación y transporte de las aguas pluviales o escurrimientos que se genera al interno de la zona de los conjuntos habitacionales, viviendas multifamiliares, centros industriales, centros comerciales, campos deportivos, centros de servicios, etc., hasta la habilitación en un sistema de expulsión, detención y/o retención, de esta manera como de alguna tubería o un canal al interno del margen de la predio y con la determinación de las condiciones específicas del proyecto. (Ley general de drenaje, 2018, p. 5).

Alcantarillado Pluvial Municipal: Es un sistema de alcantarillado que ha sido diseñado e implementado para recolectar y transportar las aguas de lluvias que escurren sobre el área de una ciudad o zona metropolitana, ubicándolas luego en sistemas de expulsión, retención, filtración, detención y/o conduciéndolas a través de tuberías o canales hasta aliviar a la estructura de agua naturales existentes. (Ley general de drenaje, 2018, p. 5).

Alcantarillas: se entiende como una serie de sumideros, tuberías e instalaciones complementarias que consiente la pronta descarga de las precipitaciones para obviar inoportunos fastidios, e inclusive deterioros de propiedades y daños humanos con respecto a su almacenamiento o su superficial escurrimiento. La importancia se muestra especialmente en áreas con fuertes lluvias y superficie terrestre impermeable. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

El investigador considera que las alcantarillas de aguas lluvias están estructuradas por una red de tuberías que se deben de utilizar para la conducción de la escorrentía recogida por las estructuras de captación (sumideros, bocas de tormenta, rejillas de captación) de una tormenta a través de una ciudad.

Estructuras de captación: Reúne el flujo de las aguas para su transporte; se usan coladeras pluviales o sumideros (bocas de tormenta) dentro del sistema de un alcantarillado pluvial para la captación de las precipitaciones, también existen conexiones dentro de los predios que capturan las aguas de lluvia que caen sobre la superficie de los predios. Generalmente hay que tener en cuenta que las precipitaciones dentro de un área urbana también se pueden captar por el contrario cunetas, vialidades, cunetas, vados además de las coladeras pluviales o bocas de tormenta, para ser transportados hacia las estructuras del alcantarillado pluvial. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Estructuras de conducción: Transporta la escorrentía superficial recolectadas a través de las estructuras de captación hacia lugares de tratamiento o vertido. Las estructuras de conducción son la parte más importante del sistema de alcantarillado

pluvial y se conforman por redes abiertas que son los canales y las redes cerradas que son las tuberías (SIAPA, 2014, p. 10).

Estructuras de conexión y mantenimiento: Simplifica la unión y el cuidado del sistema que forman la red de drenaje pluvial, también permite la unión de distintas tuberías, también de distintos diámetros o materiales, así mismo permite medida idónea con la finalidad de que algún usuario baje hasta la posición de las tuberías o drenes y manipule con el fin de realizar la limpieza o cuidado y la inspección de las redes o los conductos; tales estructuras son conocidas como cámaras de inspección. (SIAPA, 2014, p. 11).

Estructuras de descarga: Estas estructuras ayudan a proteger y preservar las estructuras libres de obstrucciones la disposición final del alcantarillado pluvial, puesto que impide probables daños a la última parte del sistema de alcantarillado que puede ser ocasionados por corrientes de agua donde se evacua el sistema o por el mismo flujo de salida del sistema. (SIAPA, 2014, p. 12).

Estructuras complementarias: Son las estructuras que en eventos determinados constituyen parte del sistema de alcantarillado pluvial, para solucionar un inconveniente determinado, y que beneficie la correcta funcionalidad del sistema, estas son, estructuras de limpieza, estructuras de retención, estructuras de remoción, estructuras de detención, estructuras de medición y estructuras de infiltración. (Perales, 2014, p.5).

Disposición final: Es una parte importante de todo proyecto que corresponde al sistema de alcantarillado pluvial sin embargo no es una estructura que conforme parte del sistema. Es de mucha importancia ya que, si no se define el rumbo de las aguas de lluvia o residuales previo a la ejecución del proyecto, estas pueden causar severos daños al medio ambiente, más aún a la zona urbana beneficiada o a la zona que está cerca del área de evacuación. (SIAPA, 2014, p. 13).

Los parámetros o rangos de valores que se debe de focalizar en cuento al diseño de alcantarillados pluviales son principalmente: profundidad máxima a la cota clave,

área de drenaje, profundidad mínima a la cota clave, caudal de diseño, profundidad hidráulica máxima, curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF), pendiente máxima y mínima, periodo de retorno de diseño, velocidad máxima y mínima, intensidad de precipitación, aporte de sedimentos, coeficiente de escorrentía, diámetro mínimo y tiempo de concentración. (SIAPA, 2014, p. 13).

Diseñar un sistema de alcantarillado de aguas de lluvia o pluviales implica realizar diversos cálculos de los elementos de diseño y de estructura de la alcantarilla, entre ellos, se hace necesario calcular los diámetros de las tuberías que puedan soportar intensidades de lluvias, para ello se debe determinar los picos máximos de escorrentía con datos históricos registrados por alguna institución gubernamental, un variable fundamental son las pendientes para que el agua se transporte por la fuerza de la gravedad, las elevaciones de clave y batea que respectivamente necesite alguna tubería

Entre otros cálculos son los siguientes. (SIAPA, 2014, p. 14).

-Dimensionar las áreas de los lotes, esto va a permitir determinar el nivel de agua pluvial que aporta cada lote a la escorrentía.

-Computar el porcentaje de área construida y área verde de lotes, en este caso las aguas son absorbidas en parte y disminuyen el caudal de la escorrentía

-Medir la longitud, el ancho y material con el que está construida la capa de rodamiento, esto conlleva a calcular el área de la calle.

-Calcular las áreas de lotes que aportan caudales al tramo que se está diseñando. Establecer los valores de coeficiente de escorrentía C a utilizar, para cada tipo de área que se tenga

-Computar las áreas que suman caudales para el tramo de diseño, considerando que todas las áreas contribuyen con descargas de agua pluvial hacia el frente de las calles. Se deben tomar en cuenta las áreas que se encuentran antes del tramo de interés.

Calcular el área total A.

Cálculo de caudales de diseño utilizando la fórmula racional:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Dónde:

Q: Caudal en l/s

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de lluvia en mm/min

A: Área tributaria para cada tramo en m²

El coeficiente de escorrentía C que se utilizará en el diseño pertenecerá al tipo de cobertura en cada zona o el coeficiente de escorrentía ponderado Cp calcularlo con la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{\sum C_i A_i}{A_t}$$

Dónde:

Cp: Coeficiente de escorrentía ponderado

Ci: Coeficiente de escorrentía

Ai: Porción de área de uso determinado en m²

At: Área total a drenar en m²

Cálculo del caudal por medio del método Mac-Math

Es el estudio de máximas avenidas o caudal de gran magnitud, que por decir lo menos, desborda los ríos, está en función directa con el periodo de retorno, la pendiente del cauce principal, el área, del coeficiente de escorrentía y de la precipitación máxima en 24 horas, se desarrolla mediante la siguiente fórmula: (Villón, 2002).

$$Q = C * P * A^{0.58} * S^{0.42} * 10^{-3}$$

Dónde:

Q= Caudal máximo, m³/s

C= Coeficiente de escorrentía

P= Precipitación máxima en 24 horas

A= Área de la cuenca

S= Pendiente del cauce

Se considera las zonas con su correspondiente coeficiente que descarga previo diseño del tramo, para el diseño de la intensidad de lluvia crítica de un sistema de alcantarillado pluvial, se tiene que determinar con respecto a los siguientes parámetros.

Tiempo de concentración: Se considera como el tiempo que ha transcurrido entre el comienzo de la precipitación y la formación del caudal de equilibrio.

Periodo de retorno: Es el periodo de tiempo de que sucederá de nuevo la lluvia. Determinar los caudales generados en cada lote por manzana y almacenados para cada recorrido de la tubería. Situar los tragantes a una medida que no sea mayor de 100 m, y poner pozos de inspección.

Calcular en cada recorrido la pendiente haciendo uso de los perfiles del área teniendo en cuenta la pendiente mínima a lo largo del recorrido con un diámetro de 0.5% y la máxima para cada diámetro de acuerdo con los valores que se observa en la tabla a continuación:

Tabla 1: Pendientes máximas permisibles de alcantarillas de aguas lluvias

Diámetro de tuberías en pulgadas	Pendiente máxima permisible %
12	6.5
15	5.8
18	5.0
24	3.0
30	2.5
36	2.0
42	2.0
48	2.0
60	1.5
72	1.0

Fuente: Reglamento de VMVDU.

Establecer el valor mínimo del diámetro que se requiere para el cálculo del caudal de diseño en circunstancias a tubo lleno se emplea la fórmula de Manning: $n = 0.011$ (para PVC) y $n = 0.015$ (para cemento)

Elegir el diámetro comercial rápidamente superior o mayor al calculado.

El diseño de un alcantarillado pluvial necesariamente debe estar respetando las consideraciones estipuladas de diseño en base al Reglamento establecido por la autoridad competente, que en el caso peruano es la Cámara Peruana de la Construcción o CAPECO, en lo referente a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales.

Se tendrá un escurrimiento superficial máximo admisible de 100 metros tanto en cordones y canaletas o cunetas. Las tuberías de las precipitaciones pluviales se instalan en el centro de toda la vía de menor circulación.

Entre la parte alta de la tubería de las precipitaciones pluviales y la rasante de la vía habrá una medida admisible de 1.50 m., con el fin de mitigar interrupciones con las tuberías de otros sistemas; si en caso no existen dichas interrupciones, la medida que se mencionó podría reducir con un máximo hasta un 1.00 m.

El pozo de inspección tiene que tener una caída de 0.30 m., como mínimo, si es que la dirección de la tubería cambio de 45 grados o más con respecto al eje.

Se tiene que tener en cuenta el nivel máximo posible de las avenidas de las aguas pluviales al momento de la entrega hacia un colector, con la finalidad de no interrumpir el ingreso de las aguas.

Dentro de las tuberías de aguas de lluvia deberá tener una pendiente mínima de 0.5% y con respecto a máxima será según corresponda a la medida de la tubería.

Se deberá tener en cuenta las consideraciones hidráulicas, de ninguna manera se va a permitir pasar con un mismo diámetro una pendiente mayor a una menor, o si así se realizara, se tendrá que utilizar un diámetro superior. Sin embargo, por ninguna circunstancia se aprobará pasar de un diámetro de tubería mayor a uno menor.

Los pozos de inspección para aguas lluvias se podrán elaborar de ladrillo de barro repellados o de piedra, sin que su altura exceda de seis metros. Si en caso la altura sea mayor o de tener caídas parejas o mayores de 3 metros, estos se tendrán que reforzar bien, debiendo indicar los detalles y medidas estructurales en los planos respectivos.

La longitud máxima de pozos de inspección será de cien metros., con una modificación admisible del quince por ciento en casos particulares.

En la mayoría de las vías de circulación menor, los tragantes pueden ser de ladrillo de barro, en cuanto a las parrillas de estos podrán ser material de hierro fundido en las vías de tránsito vehicular, teniendo en cuenta que se podrán hacer de concreto armado o de estructura metálica en las entradas de los peatones. La longitud máxima entre tragantes será de cien metros.

En todas la Vías de Circulación Menor los tragantes serán de ladrillo de barro. Las parrillas de éstos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo hacerse de concreto armado o de estructura metálica en los Accesos Peatonales. La distancia máxima entre tragantes será de cien metros.

Inundaciones: Condición donde el agua tapa o envuelve un área que habitualmente están seca; siendo más específicos, el recurso hídrico se esparce o cubre la superficie terrestre que normalmente no está cubierto de agua.

Tipos. Existen dos tipos de inundaciones, en primer lugar, están las locales, son las que perjudica una comunidad o zona de menor dimensión, por otro lado, se tiene las inundaciones de afectación extensa, estas pueden englobar cuencas enteras y varias comunidades.

Causas de las inundaciones; una de ellas es el exceso de las aguas de lluvia, las temporadas de lluvias son el principio de total importancia de las avenidas, cuando se tiene terrenos impermeables no se logra absorber o acumular todo el recurso hídrico que llega a la superficie terrestre y esta resbala por la superficie (escorrentía) y evacúa hasta de los ríos.

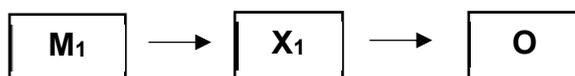
Fusión de las nieves: En la estación de la primavera se aglomeran las nieves acumuladas durante toda la temporada de invierno en las zonas de alta montaña y es cuando los ríos que se nutren las avenidas que van en crecimiento. Si en esa temporada coinciden fuertes precipitaciones, puede que no sea frecuente, a raíz de todo eso se pueden producir inundaciones.

Rotura de presas: Esta situación ocurre cuando existe una rotura o fractura de una presa, todo el recurso hídrico almacenado en el embalse es liberado bruscamente y se produce grandes inundaciones muy peligrosas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque se centra en diagnosticar por medio de la sapiencia (métodos, reglamento y técnicas) las cuales sirven para abordar y satisfacer una necesidad encontrada, que sea medible y detallada. (RENACYT, 2018, p.2). El diseño no experimental, (Hernández, Fernández y Baptista, 2002), porque el análisis se efectúa sin la manipulación deliberada de las variables a estudiar. Según (Campbell y Stanley, 1966) y según su ubicación temporal es una investigación de tipo longitudinal porque reúne datos a lo largo del tiempo.



Dónde:

M1: Alcantarillado Pluvial de la zona en estudio.

X1: Alcantarillado Pluvial.

O: Resultados.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables se organizan según su composición o nivel, con razón a que estos nos permitan cuantificarlos.

Variable Independiente (Única): Sistema de alcantarillado pluvial

3.3. Población, (criterios de selección), muestra, muestreo unidad de análisis

La población con la cual se trabajará es la única red de alcantarillado. Se tendrá como muestra el único sistema de alcantarillado de Independencia.

La magnitud de la muestra es igual al de la población.

Al solo existir una única red de alcantarillado pluvial no es necesario aplicar ninguna técnica estadística para la obtención de la misma.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica para la recolección de datos se empleó la observación, en medida que se describirá y explicará aquello que se está investigando, en este caso el diseño de drenaje pluvial. Guía de observación de campo: Es una herramienta que recolecta información y se conforma por un grupo de preguntas elaboradas por el investigador. (Ver Anexos).

La presente investigación estará validada por 3 personas especializadas en el Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento, (Ver anexos) Al mismo tiempo estas personas darán su grado de confiabilidad.

3.5. Procedimientos

El proceso de recolección de datos inicia con los registros pluviométricos de la estación meteorológica automática Recuay que abarca la zona en estudio, debido a que es la única que cuenta con los requisitos de diseño y es la más próxima.

Los registros pluviométricos pasaron por prueba de fiabilidad de la información encontrada, basándose en el Consejo de recursos hídricos de los Estados Unidos (Water Resources Council U.S.), seleccionando los parámetros de tope máximo y mínimos.

Una vez terminado con el filtro de corroboración de datos, se procedió a emplear métodos estadísticos esto con el fin de analizar la probabilidad de eventos extremos, pasados este requisito se finalizó la verificación de datos observados mediante las pruebas de bondad de ajuste.

Con los datos seleccionados y aceptados por las pruebas anteriores se calculó y equiparó los datos de caudales mediante los métodos racional y mac-math, en este punto final se procedió a predimensionar la alcantarilla pluvial.

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos se dio evaluando las alcantarillas pluviales que se encuentran en la zona en estudio, conociendo su desempeño en campo, analizando las principales características de diseño.

3.7. Aspectos éticos

El investigador está comprometido que bajo su tutela el proyecto se desarrolló con amplitud de conocimientos de compromiso ético y moral, presentando resultados veraces, legítimos y buscando el bien al presentar un estudio que cumpla con todos los parámetros correspondientes.

IV. RESULTADOS

Diagnóstico

Tabla 2: Características del alcantarillado ubicado en el distrito de Independencia - Huaraz - Ancash - 2021.

PARÁMETROS DE DISEÑO	
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	
ANTIGÜEDAD DE LA ESTRUCTURA	20 años
LONGITUD	230.00 m
PENDIENTE	4.42%
TIPO DE ALCANTARILLA	Cajón
CAPTACIÓN	
SECCIÓN	Reja: 1.00 m x 6.00 m
	Alcantarilla: 1.20m x 6.00m x 1.00
TIPO	Reja: Plancha horizontal
	Alcantarilla: Rectangular
MATERIAL	Reja: Acero
	Alcantarilla: Concreto armado
INTEGRIDAD	Reja: 62%
	Alcantarilla: 78%
DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	Reja: Fraccionada
	Alcantarilla: Colmatada
DESEMPEÑO	Reja: Deficiente
	Alcantarilla: Deficiente
CONDUCCIÓN	
SECCIÓN	1.00m X 0.40m
MATERIAL	Concreto armado
INTEGRIDAD	90%
DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	Colmatada
DESEMPEÑO	Deficiente

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De la tabla N°2 se aprecia las principales características del alcantarillado actual ubicado en el distrito de Independencia - Huaraz - Ancash - 2021, que poseen 20 años de vida útil, en cuanto a las estructuras de captación que comprende la rejilla de acero que cuenta con una integridad del 62% y están fraccionadas por ello es que su desempeño es deficiente y en cuanto a los estructuras de captación son de concreto armado con una integridad del 90% lo que origina las inundaciones en la ciudad al no evacuar todo el caudal.

Determinación de los parámetros de diseño para la propuesta de diseño del alcantarillado pluvial en el distrito de Independencia - Huaraz - Ancash - 2021

Tabla 3: Parámetros de diseño para el mejoramiento del alcantarillado pluvial en el distrito de Independencia - Huaraz - Ancash - 2021, determinados por el método de Mac-Math debido a que se ajusta más a la realidad del estudio.

Parámetros de diseño	Datos
Caudal	2.01564 m ³
Ancho de solera	1.20 m
Coefficiente de Rugosidad	0.014
Pendiente	0.021
Talud	0

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se aprecia según la tabla N° 03, los parámetros de diseño, con un caudal de 2.01564 m³, el talud es nulo, el ancho de solera es de 1.20 m, el coeficiente de rugosidad es 0.014 para un concreto revestido y la pendiente es de 0.021 calculada de la zona en estudio.

El tirante ha sido calculado mediante tabulación por la siguiente fórmula:

$$Y_o = \frac{\left[\frac{Q * n}{S^{0.5}} * (b + 2y)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{5}}}{b} = 0.45 \text{ m}$$

Para el cálculo del área hidráulica se utilizó la siguiente fórmula:

$$A = 2Y_o + b = 0.54 \text{ m}^2$$

El radio hidráulico se determinó bajo siguiente fórmula

$$R = \frac{b * y}{b + 2y} = 0.2571 \text{ m}$$

La velocidad propuesta se determinó bajo la ecuación de Manning.

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = 4.1857 \text{ m/s}$$

Y por último se obtuvo por ecuación de continuidad se obtuvo el caudal proyectado de diseño:

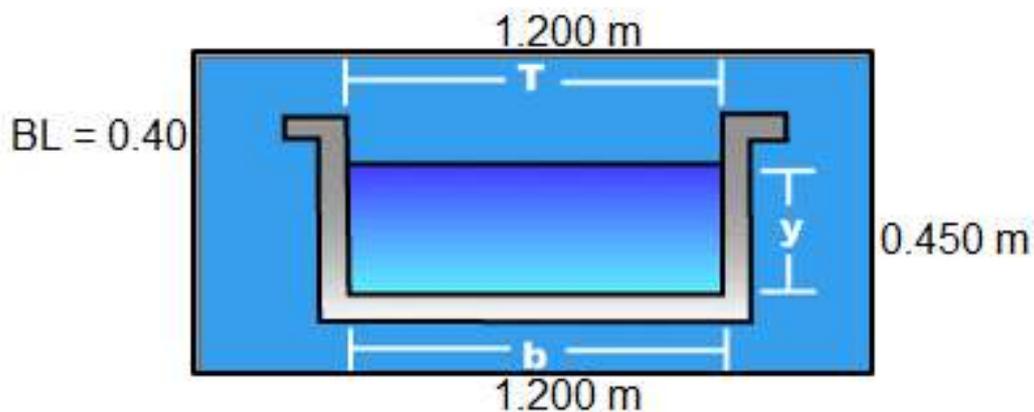
$$Q = V \times A = 4.1857 \frac{m}{s} \times 0.54 m^2 = 2.2603 m^3/s$$

Propuesta del nuevo diseño del alcantarillado pluvial dentro del distrito de Independencia - Huaraz - Ancash - 2021

Estructura de conducción:

El caudal proyectado de diseño se encuentra por encima del de aporte para un lapso de tiempo de 10 años, por lo tanto, se acepta las dimensiones propuestas.

Ilustración 1: Predimensionamiento de alcantarilla tipo cajón - propuesta



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se puede observar que el ancho de solera y el espejo de agua cuentan con una dimensión de 1.20 m, el borde libre tiene una dimensión de 0.40 m y la medida del tirante es de 0.45 m.

Se contrastó las dimensiones bajo el programa de Hcanales.

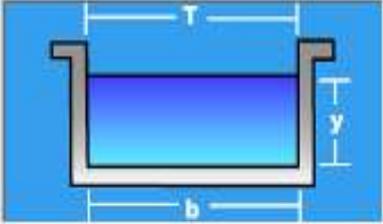
Ilustración 2: Predimensionamiento en Hcanales - propuesta

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	<input type="text" value="Independencia"/>	Proyecto:	<input type="text" value="a de diseño de alcantarillado"/>
Trecho:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="2.01564"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.20"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.021"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4143"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="2.0207"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.4972"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2451"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.2000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.0530"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.0107"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.2519"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Dentro de la ilustración N° 02 se puede apreciar los distintos parámetros hidráulicos con la ayuda del programa Hcanales que se asemejan a los datos de los parámetros hidráulicos que hallamos anteriormente por medio del que hallamos anteriormente por medio del método de Mac-Math.

V. DISCUSIÓN

Con respecto a la investigación del autor Quiranza (2016) planteó en dar solución a todos los servicios básicos de la parroquia mediante la elaboración de un alcantarillado pluvial, con el fin de reducir los riesgos inherentes e inevitables consecuencias ambientales, en esta parte la investigación propuesta desarrolló determinar las características del drenaje para ver si existen deficiencias que generan el malestar a la población. Una de las diferencias más sobresalientes encontradas fue la normatividad que rige los factores de diseño para una red de drenaje, estas van regidas según fórmulas y estándares internacionales que según el escenario de trabajo tienden limitar el empleo de nuevas metodologías.

La tesis del autor Hernandez (2016), proyectó una red de abastecimiento de agua así también como una pluvial recogiendo información de campo, realizando mediciones y verificando las condiciones de operatividad que se encuentra el sistema vigente para poder así plantear un nuevo diseño que cumpla con las nuevas demandas de caudal tanto de los habitantes como de las precipitaciones, este diagnóstico realizado al sistema existente permitió determinar por cálculos las falencias que presentaba, debido a ello con la realización de un nuevo modelo hidráulico sanitario y pluvial se llegó a concluir que este nuevo diseño podrá desarrollarse frente a las nuevas exigencias de descarga, las comparaciones encontradas en esta investigación fue determinar solo el caudal proveniente de las precipitaciones más no la que generan los habitantes por las descargas del alcantarillado sanitario y que los objetivos generales buscaron satisfacer las demandas actuales y los requerimientos básicos de la población que se ve afectada por las nuevas exigencias climatológicas.

Del Autor Floriano (2019) y su investigación, quién mediante el uso del software “Hcanales” implementó un nuevo diseño a su zona de estudio con la finalidad de ver si es viable ejecutar un proyecto de tal magnitud, este tipo de investigación se realizó en un lugar donde las precipitaciones son escasas y solo se presentan en verano a comparación de la esta investigación donde la zona de trabajo presenta precipitaciones a los largo del año y sus características de zona son distintas, teniendo como factores predominantes los desniveles de la cuenca, la pendiente, la superficie, las precipitaciones mismas, nivel socio-cultural, económico de la población y muchos factores que influyen en un diseño de drenaje pluvial, por estos motivos la tesis propuesta cumple con un requisito imprescindible que es alcanzar un tope de precipitaciones mensuales la cual Independencia cumple.

La presentación de Liza (2017) en su postulado de, quien señaló que de su problemática la mejor solución fue presentar un diseño de drenaje pluvial, en este punto según la normativa que rige el diseño de obras de alcantarillado pluvial tenemos varias obras que pueden dar solución o conducir el caudal hasta derivarlo a un zona de desfogue evitando las complicaciones y malestar que generan la acumulación de precipitaciones, en esta tesis se presentó las cunetas para la derivación de caudales menores provenientes de las precipitaciones, este tipo de proyectos mediante este sistema debido a la magnitud de precipitaciones encontradas en la zona de estudio no se pudo implementar y se optó por proyectar una red de alcantarillado tipo cajón debido al caudal, el empleo del software Hcanales, se vio presente a razón que es un programa de diseño que permite calcular las dimensiones que tiene según tipo de obra propuesta en esta circunstancia el modelamiento también se basó según los mismos parámetros de diseño que se detallan en la norma.

Para Del Águila (2019) en su tesis, donde planteó una red de alcantarillado que capte el agua de lluvia con el fin para optimizar tránsito de la comunidad, esto debido a que identificó que su problemática fue la de altas precipitaciones, estas son una variante común entre zonas elevadas, para determinar la puesta del proyecto es necesario realizar los trabajos de campo que permitan sustentar la viabilidad de la obra misma, el enfoque de esta investigación es similar a la propuesta debido a que busca mejorar las condiciones actuales, los procedimientos para calcular el caudal de diseño fueron guiadas por la normativa que rige nuestro país, para Del Águila quien su investigación fue realizada en la zona norte donde se vio afectada por el fenómeno del niño causando grandes pérdidas materiales es debido a ello que se requería un nuevo sistema que cumpla con las descargas actuales, tal cual fue previsto en la propuesta ya que el factor principal que altera las precipitaciones es el cambio climático.

En la tesis de Otalora (2018), quien proyectó un sistema de drenaje debido al alto caudal que se moviliza debido a la escorrentía superficial, como parte del estudio de hidrología sabemos que la escorrentía es todo caudal que no ha sido infiltrado ni evaporado, este excedente transita por toda la extensión quién tiene una velocidad constante y afectada por la pendiente del terreno donde circula, los factores de escorrentía son fundamentales para definir los parámetros de diseño, el coeficiente de escorrentía determinado por Otalora se guio por parámetros característicos propios de la zona en cambio en la propuesta de diseño se utilizó la sugerida por la normatividad la cual se ajusta mucho a parámetros de la zona de la cuenca, de las diferencias encontradas es que la investigación propuesta se enfocó en solo el diseño de un alcantarillado tipo cajón y en la tesis de Otalora se tuvo que acompañar con estructuras complementarias como sumideros, esto debido a que su caudal de trabajo fue mayor al propuesto.

En el sustento de Urbano (2017) en su tesis, entre las similitudes encontradas fueron las de trabajar bajo los parámetros de diseño de una red de drenaje de la normatividad, la recolección de información de igual manera se tomaron los datos de una estación pluviométrica, aunque los registros históricos no fueron los requeridos según el manual de hidrología del MTC se requiere una data de por lo menos de 25 años, en los resultados presentados ambos investigadores presentan cálculos de diseño como curvas IDF, métodos de bloques alternos, determinar la intensidad de lluvia hasta llegar al caudal de diseño que nos permita redimensionar el sistema de alcantarillado.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Con los registros históricos recopilados de la estación pluviométrica Recuay se obtuvieron 48 datos que sirvieron para muestra de diseño, esta información son la data de precipitaciones más altas por meses y anuales, con el procedimiento que se detalla en la normativa OS 0.60 se determinaron los parámetros de diseño la cual permitió el predimensionamiento de un nuevo sistema de drenaje pluvial denominado propuesta.
- 2) Del diagnóstico hecho en campo del sistema actual de drenaje se obtuvieron los resultados en que la rejilla en muchos de los puntos presenta golpes, dobladuras y lo más importante faltan secciones lo cual no permite un desempeño adecuado al no facilitar el libre tránsito vehicular, con respecto al almacenamiento se encontraron restos de basura y piedras de gran volumen, esto sugiere que hay poco mantenimiento por parte de las autoridades y no llega a captar todo el caudal, en la parte de las estructuras de conducción se ve afectada debido a que solo está diseñada para conducir poca descarga.
- 3) Los parámetros de diseño son los sugeridos por la normatividad vigente tanto la OS 0.60 como el manual de hidrología del MTC, estos parámetros fueron calculados en los programas de Excel, Hydrognomon, Qgis, Hcanales, estos parámetros importantes que se determinaron fueron la pendiente, área, velocidad y caudal.
- 4) La propuesta se origina debido a que los criterios de diseño actuales apuntan a una solución temporal, el factor de ajuste propuesto y ejecutado en esta investigación predimensiona al alcantarillado a soportar las nuevas demandas de caudal y que tenga un desarrollo eficaz a lo largo de su vida útil.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) A los investigadores se sugiere seguir con las pautas que enmarcan la normatividad vigente, guiarse de investigaciones anteriores, libros a fin de identificar el correcto procedimiento para el cálculo y posterior del diseño de una red de alcantarillado pluvial.
- 2) Se recomienda en caso no se obtuviese información o datos históricos de una estación pluviométrica en la zona en estudio, usar la más próxima a fin de poder trabajar con el proyecto, esta nueva lectura de data tendrá que ser procesada por métodos estadísticos para conocer la confiabilidad de la misma.
- 3) Se sugiere que para proponer nuevas metodologías se tenga que realizar de manera comparativa con varios programas esto a fin de garantizar que el producto final pase todos los filtros de diseño hidráulico, así como también hacer un reconocimiento a la población afectada bajo los aspectos socio-cultural y económicos.
- 4) Se aconseja que se haga un mantenimiento continuo a la infraestructura de alcantarillado, esto debido a que altas precipitaciones aumentan el nivel de escorrentía superficial lo que hace no es más que arrastrar material sólido hasta la población causando daños a las estructuras vigentes, debido al cambio de la normatividad la responsabilidad recae sobre los gobiernos locales.

REFERENCIAS

- AGÜERO Pittman, Roger. Agua potable en poblaciones rurales: sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento [En línea]. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales, 2014 [Fecha de consulta: 5 de setiembre del 2019]. Disponible en: <https://es2.slideshare.net/yanethyovana/agua-potable-parapoblacionesruralesroger-aguero-pittman>
- APARICIO, F. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México, 1986. 266pp.
- ALMONACID Uribe, Alex. Proyecto de agua potable rural para las comunidades de Curamin – Queten en la comuna de Hualaihue. Tesis (Ingeniero). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2010. 119pp.
- BERNSTEIN, L. Cambio Climático: Informe de Síntesis. Ginebra. Grupo intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático, 2007. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>.
- CANDO Tayupanda, Franklin. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el sector El Capricho ubicado en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola – Provincia de Napo. Tesis (título de Ingeniero Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas Matemática, 2017. 206 pp.
- CHOW, Mays. Introducción Hidrología Aplicada. Colombia. McGraw-Hill Interamericana, 1994. 577pp.
- CONAGUA. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento [En línea]. México. 2009. [Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2019]. Disponible en: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>.
- CUTI Merma, Kevin. Drenaje pluvial urbano en la localidad de Espinar, Provincia de Espinar, Región Cusco. Tesis (título de Ingeniero Civil), Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 199 pp.

- DECRETO LEGISLATIVO N° 1356. Diario oficial el peruano, Ley general de drenaje pluvial. Lima, Perú, 29 de Noviembre de 2018.
- DEL AGUILA Ramirez Jen, Diseño del sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Antonio de Paujilzapa, Buenos Aires, Picota, 2018” Tesis (título de Ingeniero civil). Tarapoto: Universidad César Vallejo, facultad de Ingeniería, 2019. 206 pp.
- DINGMAN, S. Hidrología física. Nueva York. Macmillan Publishing Company. 1994. 98pp.
- DOLZ Y GOMEZ, Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes colectores [En línea]. Volumen 1, número 1, 1992. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41781111.pdf>
- DOMINGOS DA SILVA, Divaldo. Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda. Tesis (Doctor en ciencias Técnicas). Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2015. 215pp.
- DOROTEO Calderon, Félix. Diseño del sistema de agua potable, conexione domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “los pollitos” – Ica, Usando los programas watercad y sewerCAD. Tesis (Ingeniero). Lima: Universidad de ciencias aplicadas, 2014. 217 pp.
- FLORIAN León, Christopher, Propuesta de drenaje pluvial en la urbanización praderas III Etapa, del distrito de Nuevo Chimbote-Santa-Áncash. Tesis (título de Ingeniero Civil), Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2019. 118 pp.
- GARCÍA Hernandez, Yorling. Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de La Concepción-masaya. Tesis (Título en ingeniería civil). Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2013. 163pp.
- GONZALES Remond, Alvaro. Sistema de drenaje pluvial para el distrito de Mariano Melgar, Arequipa. Tesis (título de ingeniero civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2014. 474pp.

- GUIA de orientación en saneamiento básico por Barrios Carlos [et al.]. Perú: Editorial SER, 2014. 201pp.
- HERNANDEZ Miculax, Edgar. Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad El Durazno, Chimaltenango, Chimaltenango. Tesis (título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2016. 169 pp.
- HERNANDEZ Sampieri, Roberto. Metodología de la investigación. México, Distrito Federal: Mcgraw hill. 2014. 599p.
- INDECI. Plan de prevención ante desastre: Usos del suelo y Medidas de Mitigación-Ciudad de Huaraz [En línea]. Huaraz: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2003 [Fecha de consulta: 09 de Setiembre del 2020]. Disponible en: http://www.munihuaraz.gob.pe/publica/Plan_preven_1.pdf
- IDEAM Variables meteorológicas II: Temperatura del aire, humedad y precipitación. [En línea]. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Fecha de consulta: 07 de Junio del 2020]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Documento+metodologico+variables+meteorologicas.pdf/8a71a9b4-7dd7-4af4-b98e-9b1eda3b8744>
- LACERDA, María del Mar. Proyecto de drenaje y vialidad interna para el loteo “Quintas de Lugones”. Tesis (título de Ingeniero Civil). Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2018. 195 pp.
- LIZA Chafloque, Ulises. Diseño del sistema de drenaje pluvial del distrito de ciudad Eten, Lambayeque 2017. Tesis (título de Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, 2017. 304 pp.
- MINSA. Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales [En línea]. Lima: Ministerio de Economía y finanzas, 2004 [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2019]. Disponible en:

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_meto_d/saneamiento/ 3 Parametros de dise de infraestructura de agua y saneamiento CC PP rurales.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_meto_d/saneamiento/3_Parametros_de_dise_de_infraestructura_de_agua_y_saneamiento_CC_PP_rurales.pdf)

- MTC. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje [En línea]. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008 [Fecha de consulta 26 de Enero del 2020] Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- MVCS. Reglamento Nacional de Edificaciones: Obras de Saneamiento [En línea]. Lima: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016 [Fecha de consulta 04 de Agosto del 2019]. Disponible en: https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- ONCOY Rodriguez, Ronal. Propuesta de una red de drenaje pluvial para reducir riesgos por inundaciones en la zona central de la ciudad de Huaraz. Tesis (título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2017.
- OTAROLA Pardo, Estefania. Propuesta de alcantarillado pluvial para garantizar el drenaje para escorrentía superficial – Barrio San Vicente Suroriental, Localidad San Cristobal – Bogotá D.C. Tesis (título de Ingeniero Civil). Bogotá D.C. : Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2018. 72 pp.
- PERALES Momparler, Sara. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión del agua de lluvia. [En línea]. Enero 2008. [Fecha de consulta: 3 de setiembre del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237213737_Los_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_Una_Alternativa_a_la_Gestion_del_Agua_de_Lluvia/link/572b5e8208ae057b0a094ff4/download.
- Pub. L. 89-80, July 22, 1965, [79 Stat. 244](#) ([42 U.S.C. 1962](#) et seq.)
- QUIRANZA Cahuasquí, Oswaldo. Diseño de alcantarillado pluvial de la cabecera de la parroquia La Unión, del Canton Atacames, Provincia de

- Esmeraldas. Tesis (título de Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ingeniería Civil, 2016. 163 pp.
- ROJAS Naira, Paolo. Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM. Tesis (título de ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. 206pp.
 - SIAPA. Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades: sistema de agua potable, parte 1 [En línea]. Jalisco: Sistema intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014 [Fecha de consulta: 20 de Agosto del 2019]. Disponible en: https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf
 - SPRINGALL. Precipitación: Los avances en la medición, estimación y predicción. Berlín. Springer, 1994. 234pp.
 - URBANO Broncano, Sinthia. Diseño alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondi Y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz-2015. Tesis (título de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 301 pp.
 - U.S. Department of the Interior. Guidelines for Determining Flood, Flow and Frequency. [En línea]. 17B, N° 01, 2014 [Fecha de consulta: 11 de Noviembre del 2020], Disponible en: https://water.usgs.gov/osw/bulletin17b/dl_flow.pdf
 - VALENTIN Minaya, Jean Paul. Evaluación del sistema de alcantarillado pluvial con la aplicación del software sewerCAD en la prolongación libertadores, Huaraz, 2018. Tesis (título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, 2018. 112pp.
 - VILLÓN Máximo. Hidrología. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2002. 429pp.
 - Water Resources Council (U.S.): *1972 OBERS projections: economic activity in the United States; by economic area, water resources region*

and subarea, and State, historical, and projected--1929-2020 (Washington, U.S. Water Resources Council; [for sale by the Supt. of Docs., U.S. Govt. Print. Off.], 1972), also by United States. Bureau of Economic Analysis. Regional Economics Division and United States. Department of Agriculture. Natural Resource Economics Division (page images at HathiTrust)

ANEXOS

Contenido 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del sistema de alcantarillado pluvial	“Sistema de tuberías, sumideros e instalaciones que permiten el rápido desalojo de aguas de lluvias para evitar daños tales como inundaciones de las zonas urbanas” (Méndez, 2012, p.2)	Se observará los daños y fallas con los que cuenta el alcantarillado pluvial del lugar de estudio, y se propondrá un nuevo diseño de alcantarillado, teniendo en cuenta los parámetros para su diseño.	Diagnóstico	- Estado de conservación	Nominal
				- Operatividad	
			Parámetros de diseño	- Área	Nominal
				- Caudal	
- Velocidades					
				- Pendiente	

La investigación tiene por delimitada la zona de estudio siendo así su ubicación geográfica georeferenciada y política.

Tabla 3: Ubicación georeferenciada

Distrito	Coordenadas UTM		
	Norte (N) (m)	Este (E) (m)	Altitud (msnm)
Independencia	8948121.68	222049.51	3000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Ubicación política

Distrito	Provincia	Departamento
Independencia	Huaraz	Áncash

Fuente: Elaboración propia

La zona de estudio se encuentra comprendida dentro de la cuenca santa y perteneciente a la subcuenca alto santa.

Para obtener los datos de la zona en estudio se procesó la carta nacional mediante el programa Qgis para obtener los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Tabla 5: Parámetros geomorfológicos

CRITERIO	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROPIEDADES MORFOMETRICAS CUENCA	AREA	km ²	2.944
	PERIMETRO	km	10.795
	LONGITUD	km	9.397
	ANCHO	km	0.313
	PENDIENTE MEDIA	%	2.128
	COTA MAXIMA	msnm	3100.000
	COTA SALIDA	msnm	2900.000
	ELEVACION MEDIA	msnm	3000.000
PROPIEDADES CAUCE PRINCIPAL	LONGITUD	km	3.910
	LONGITUD HACIA LA DIVISORIA	km	3.910
	COTA MAYOR	msnm	3100.000
	COTA MENOR	msnm	2900.000
	PENDIENTE MEDIA	%	5.115
PROPIEDADES RED DE DRENAJE	LONGITUD TOTAL DRENAJES	km	3.910
	DENSIDAD DE DRENAJE	km/km ²	0.534
PUNTO DE CIERRE DE LA CUENCA	COORDENADA X	m	8949753.46
	COORDENADA Y	m	221070.40

Fuente: Elaboración propia

Con esta información de la cuenca se procederá más adelante a determinar los valores del caudal.

La investigación decidió por criterio que; la información sobre precipitaciones necesariamente y según el reglamento para procesar los datos se tenía que contar con un registro histórico de por lo menos 25 años, hecho que resulta complicado por la poca data de las estaciones que se encuentran vigentes en la zona de estudio, debido a estos detalles se procedió a trabajar con la estación meteorológica automática Recuay.

Tabla 6: Estación meteorológica automática Recuay

Estación	Ubicación Política		Ubicación Geográfica		
	Distrito	Provincia	Este (E)	Norte (N)	Altitud (msnm)
Recuay	Recuay	Recuay	230516.53	8924345.69	3,431

Fuente: Elaboración propia

De la estación Recuay, se procedió a analizar los datos históricos, para conocer la fiabilidad de los datos obtenidos por esta estación, se procedió a someterla a una comprobación de datos dudosos y verificar si en efecto se podría trabajar con esta data que manejaba el SENAMHI.

Tabla 7: Registro de precipitaciones máximas

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: **ESTACION RECUAY** Latitud: 9°43'45.31" Dpto: ÁNCASH
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm) Longitud: 77°21'13.28" Prov: RECUAY
 Altitud 3431 msnm Dist: RECUAY

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pma x24	Log(P 24hr)
1964		18.2	27.6	12.7	30.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	1.48
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	16.2	9.6	24.7	24.7	1.39
1966	13.2	19.4	9.1	10.0	9.1	0.1	0.0	0.1	4.2	14.7	8.0	19.5	19.5	1.29
1967	11.8	22.9	19.7	12.5	7.5	2.0	7.0	10.6	13.3	17.5	13.2	12.0	22.9	1.36
1968	18.1	26.3	18.4	9.6	24.3	0.0	0.0	7.5	4.2	21.4	14.6	4.7	26.3	1.42
1969	9.0	16.5	13.6	12.8	7.6	1.0	0.1	7.5	5.8	15.5	14.8	23.4	23.4	1.37
1970	31.8	11.2	17.3	25.7	11.8	5.0	0.0	8.2	13.4	19.2	32.2	29.0	32.2	1.51
1971	8.8	14.0	26.0	11.5	0.0	1.7	0.0	6.3	7.4	16.5	20.0	26.0	26.0	1.41
1972	14.2	22.7	26.5	8.8	8.7	0.1	0.1	7.0	0.0	6.1	12.3	17.5	26.5	1.42
1973	17.2	26.7	22.4	15.0	21.0	2.2	1.4	1.8	15.9	18.1	28.3	25.6	28.3	1.45
1974	24.6	14.5	17.7	11.3	1.8	5.9	4.6	2.3	2.5	3.8	4.3	12.2	24.6	1.39
1975	36.0	23.8	40.8	8.9	4.5	1.2	0.0	3.2	5.3	6.0	18.2	11.0	40.8	1.61
1976	12.6	15.8	15.0	4.9	6.7	5.0	0.0	0.0	0.0	3.5	6.0	8.0	15.8	1.20
1977	7.0	10.8	11.7	6.0	4.8	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	6.8	8.0		
1978	5.7	3.8	9.2	4.4	2.5	0.0	2.7	0.0	3.7	18.4	11.0	14.8	18.4	1.26
1979	6.2	12.6	29.8	25.5	7.9	3.0	0.0	5.2	7.2	5.2	13.9	7.0	29.8	1.47
1980	15.0	16.4	21.8	13.2	3.2	3.4	0.1	6.5	4.5	19.8	24.8	23.5	24.8	1.39

1981	47.3	23.6	27.3	15.8	3.2	0.0	0.0	7.2	2.1	9.2	21.4	16.2	47.3	1.67
1982	21.8	22.3	15.4	8.8	1.9	0.0	9.2	10.9	7.8	30.3	19.4	17.6	30.3	1.48
1983	25.0	12.2	33.4	14.2	5.2	5.8	2.1	0.1	5.3	18.5	19.3	10.0	33.4	1.52
1984	19.3	19.6	32.4	28.6	18.0	8.0	7.5	0.0	13.2	26.4	27.0	16.9	32.4	1.51
1985	11.0	32.5	45.4	21.4	10.5	2.1	8.0	0.0	20.4	20.7	7.8	18.4	45.4	1.66
1986	25.2	29.8	12.7	0.0	2.0	0.0	0.1	2.0	20.5	23.2	29.6	30.1	30.1	1.48
1987	24.4	18.0	20.0	13.2	5.7	0.1	0.1	3.3	11.9	23.0	17.0	24.5	24.5	1.39
1988	19.4	14.2	22.2	17.4	13.5	2.5	0.0	8.2	21.9	13.1	16.4	22.6	22.6	1.35
1989	21.6	24.7	41.3	17.3	10.6	3.7	0.1	14.4	9.4	30.4	11.3	6.8	41.3	1.62
1990	16.8	10.7	18.6	13.6	8.1	1.9	0.0	3.5	8.2	15.4	26.8	18.8	26.8	1.43
1991	9.7	15.2	0.0	15.0	11.3	0.0	4.7	0.0	0.1	19.4	29.4	10.5	29.4	1.47
1992	2.3	30.8	34.0	12.1	10.4	7.7	0.0	7.4	14.8	12.1	11.2	12.1	34.0	1.53
1993	23.2	27.1	28.4	16.7	7.2	0.1	3.2	0.1	7.9	24.8	19.5	27.6	28.4	1.45
1994	21.6	16.7	42.3	14.7	9.1	2.8	0.6	2.7	13.8	17.0	10.8	14.9	42.3	1.63
1995	13.6	40.3	23.4	24.1	15.0	0.6	0.0	3.5	8.1	20.3	18.9	17.0	40.3	1.61
1996	24.6	19.3	28.0	9.0	6.2	0.0	0.0	2.3	7.1	15.2	15.0	13.6	28.0	1.45
1997	15.8	19.8	24.0	8.7	8.6	0.0	0.0	0.6	11.9	12.7	18.6	28.9	28.9	1.46
1998	53.3	27.8	30.6	26.2	18.5	5.6	0.0	2.4	11.3	17.6	13.4	8.6	53.3	1.73
1999	26.5	19.2	26.8	15.7	13.8	7.9	0	0.7	11.8	16.1	14.2	17.1	26.8	1.43
2000	16	23	12	12.6	10.3	0	0	10.2	9.4	7.6	11.4	22.3	23.0	1.36
2001	21.8	17	20.5	8.9	7.3	13.9	0	0.1	21	18.6	29.4	24.3	29.4	1.47
2002	21.2	21.4	18.1	8.8	6.3	4.2	0	0	15	0	38.8	19.3	38.8	1.59
2003	17.2	19.4	16.8	16.8	8.1	5.7	3.6	0	2.9	12.8	18	17.9	19.4	1.29
2004	9	17.4	21.7	20.5	9	2.5	0.8	0	11.8	33.7	19.8	27	33.7	1.53
2005	16.5	13.1	32.4	20.4	12.6	0	0	3	9.3	6.8	0	11.7	32.4	1.51
2006	20.2	19	24.5	20	2.9	14.6	2.1	10.5	17	17.1	21.5	19	24.5	1.39
2007	29	16.2	33	19.6	16	2.5	0	1.7	2.4	10	22.7	9.1	33.0	1.52
2008	13.4	15.9	13.2	10.8	2.6	5.6	6.5	3.9	7.5	19.8	9.2	10.9	19.8	1.30
2009	23.4	16.5	44	31.4	16.6	2.4	0	10.5	4.3	20.3	25.7	19	44.0	1.64
2010	20.5	19.8	25.7	21.1	12.4	4	0.7	2.6	10	12.8	17.9	22.8	25.7	1.41
2011	17.8	16.4	19.9	20.9	16.3	1.2	8.9	3.7	6.1	3.4	11.9	29.5	29.5	1.47
2012	38.3	24.1	20.5	20.3	6.6	9.8	0	0	5.6	13.6	0	32.4	38.3	1.58

Fuente: Elaboración propia

Los datos mostrados en la tabla #07 muestran los valores recogidos de la estación Recuay y a su vez, las precipitaciones máximas por mes y año.

Tabla 8: Parámetros estadísticos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	48	48
Sumatoria	1451.40	70.363
Valor Máximo	53.30	1.727
Valor Mínimo	15.80	1.199
Media:	30.24	1.466
Varianza:	65.65	0.013
Desviación Estándar:	8.10	0.114
Coefficiente Variación:	0.27	0.077
Coefficiente de Sesgo:	0.79	0.1036
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que según el coeficiente de sesgo se tiene que hacer una comprobación de datos dudosos altos y bajos según el criterio de asimetría de la estación.

De la tabla #07 se aprecia que no hay registro de precipitación máxima en ese año, debido a que en un primer análisis se determinó que no cumplía con los parámetros mínimos estadísticos. Quedando como número de datos 48.

n= 48.00
Kn= 2.753

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

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

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

xH= 1.78

Precipitación máxima aceptaba

PH= 10^{x_H} PH= 60.06 mm

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

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

xL= 1.15

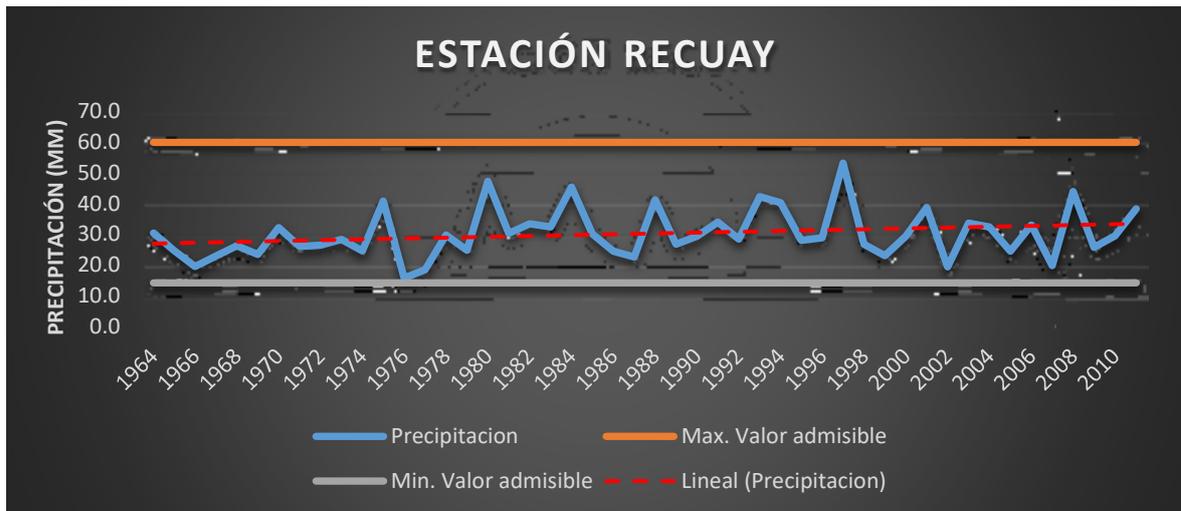
Precipitación mínima aceptaba

PL= 10^{x_L} PL= 14.23 mm

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Ahora que se determinó que no existen datos dudosos altos ni datos dudosos bajos, con estos datos agrupados se desarrollarán las pruebas de bondad y estadísticas.

Gráfico 1: Umbrales mínimos y máximos



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De los umbrales máximos y mínimos se aprecia que ningún dato sobrepasa tales límites, por lo tanto, se acepta la información de la estación Recuay.

Análisis estadístico de los datos hidrológicos

Este procedimiento estadístico es necesario para estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, se procederá a trabajar bajo 6 modelos.

Tabla 9: Precipitaciones máximas por año

Año	Precipitación (mm)
1964	30.4
1965	24.7
1966	19.5
1967	22.9
1968	26.3
1969	23.4
1970	32.2
1971	26
1972	26.5
1973	28.3
1974	24.6
1975	40.8
1976	15.8
1978	18.4
1979	29.8
1980	24.8
1981	47.3
1982	30.3
1983	33.4
1984	32.4
1985	45.4
1986	30.1
1987	24.5
1988	22.6
1989	41.3
1990	26.8
1991	29.4
1992	34
1993	28.4
1994	42.3
1995	40.3
1996	28
1997	28.9
1998	53.3

1999	26.8
2000	23
2001	29.4
2002	38.8
2003	19.4
2004	33.7
2005	32.4
2006	24.5
2007	33
2008	19.8
2009	44
2010	25.7
2011	29.5
2012	38.3

Fuente: Elaboración propia

De la tabla #09 se aprecia las precipitaciones máximas según año.

Tabla 10: Número de datos ordenados

N	Datos ordenados
1	15.8
2	18.4
3	19.4
4	19.5
5	19.8
6	22.6
7	22.9
8	23
9	23.4
10	24.5
11	24.5
12	24.6
13	24.7
14	24.8
15	25.7
16	26
17	26.3
18	26.5
19	26.8
20	26.8
21	28
22	28.3

23	28.4
24	28.9
25	29.4
26	29.4
27	29.5
28	29.8
29	30.1
30	30.3
31	30.4
32	32.2
33	32.4
34	32.4
35	33
36	33.4
37	33.7
38	34
39	38.3
40	38.8
41	40.3
42	40.8
43	41.3
44	42.3
45	44
46	45.4
47	47.3
48	53.3
n	48

Fuente: Elaboración propia

De la tabla #10 es un ordenamiento de los datos de precipitaciones máximas de menor a mayor y se considera un número total de 48 parámetros a estudiar.

Contenido 2: Parámetros estadísticos

Rango	37.50			
NC	5.678	6.000		
ΔX	8.016	7.500		
Xmin	15.80			
Xmax	53.30			
LCI	MCL	LCS	FreAbsoluta	Fre Relativa
12.050	15.800	19.550	4.000	0.083
19.550	23.300	27.050	16.000	0.333
27.050	30.800	34.550	18.000	0.375
34.550	38.300	42.050	5.000	0.104
42.050	45.800	49.550	4.000	0.083
49.550	53.300	57.050	1.000	0.021
			48.000	1.000
xi	fi	xi*fi	fi*xi²	
15.800	4.00	63.2	998.56	
23.300	16.00	372.8	8686.24	
30.800	18.00	554.4	17075.52	
38.300	5.00	191.5	7334.45	
45.800	4.00	183.2	8390.56	
53.300	1.00	53.3	2840.89	
Suma	48.00	1418.40	45326.22	
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		P24hr		
Media		29.5500		
Varianza		72.6064		
Desv. Standar		8.5209		
Coef. Variación		0.2884		
Coef. Sesgo		0.7048		
Coef. Curtosis		3.5661		

Fuente: Elaboración propia

Con los cálculos mostrados en el contenido #01 se procedió a emplear en el método estadístico de chi-cuadrado.

Contenido 3: Parámetros estadísticos de chi-cuadrado

Intervalo	Limite Clase	Z = (P-P _{med})/S	F(Z)	Frec. Relativa	Frec. Absoluta	Frec. Observada	Prob.
	12.1	-2.054	0.020				0.125
12.05 - 19.55	19.6	-1.174	0.120	0.100	5.0	4.0	0.250
19.55 - 27.05	27.1	-0.293	0.385	0.264	13.0	16.0	0.375
27.05 - 34.55	34.6	0.587	0.721	0.337	16.0	18.0	0.500
34.55 - 42.05	42.1	1.467	0.929	0.207	10.0	5.0	0.625
42.05 - 49.55	49.6	2.347	0.991	0.062	3.0	4.0	0.750
49.55 - 57.05	57.1	3.227	0.999	0.009	1.0	1.0	0.875
				1.0	48.0	48.0	

Media	Datos Agrupado	29.55
Desviación Estandar		8.52
Número de datos		48.00

Fuente: Elaboración propia

Del contenido #02 se aprecian más parámetros estadísticos que se emplearon para la determinación del método estadístico de chi-cuadrado.

Cálculo de X^2_c

$$X^2_c = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_1 - e_i)^2}{e_1}$$

$$X^2_c = \frac{(4 - 5)^2}{4} + \frac{(16 - 13)^2}{16} + \frac{(18 - 16)^2}{18} + \frac{(5 - 10)^2}{5} + \frac{(4 - 3)^2}{4} + \frac{(1 - 1)^2}{1}$$

$X^2_c =$	3.976
-----------------------------	--------------

X^2 tabular

$$v = k - 1 - h$$

Grados de libertad

$$v = 3.0$$

Grados de significación

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$X^2_t = 7.8147$$

Criterio de Decisión

$$Si \quad 3.976 < 7.8147$$

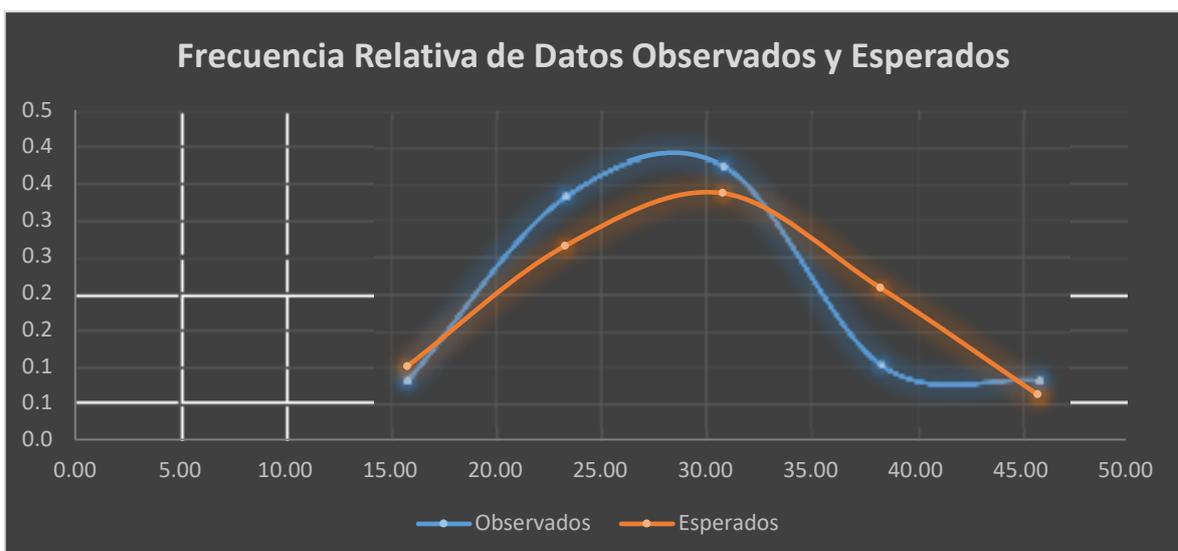
Porcentaje que alcanza

$$\% = X^2_c / X^2_t$$

$$\% = 0.509 < 0.950$$

Los datos se ajustan a la distribución normal con un nivel de significación del 5% ó 95% de probabilidad.

Gráfico 2: Frecuencia relativa de datos observados y esperados



Fuente: Elaboración propia

El gráfico #02 representa la tendencia de datos observados frente a los datos esperados, Análisis gráfico de las distribuciones, relación entre las series esperadas con las observadas, el valor esperado se ajuste lo más posible al valor observado.

Pruebas de bondad de ajuste

Estas pruebas de bondad son pruebas de hipótesis que se usan para la evaluación de un conjunto de datos como muestra independiente de la distribución elegida.

Prueba Kolmogorov – Smirnov

Contenido 4: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV - SMIRNOV

m	P=X (mm)	P (X) =m/n+1	Z = X- Xm/S	F(X _m) Normal	F _o (X _m)- F(X _m) Normal	Y=LnX	F(X _m) LogNormal	F _o (X _m)- F(X _m) LogNormal	(x-X0)	F(X _m) Pearson III	F _o (X _m)- F(X _m) Pearson III	Ln(x)- X0	F(X _m) LogPear son III	F _o (X _m)- F(X _m) LogPea rson III	F(X _m) Gumbel	F _o (X _m)- F(X _m) Gumbel	F(X _m) LogGumbel III	F _o (X _m)- F(X _m) LogGumbel
1	15.80	0.0204	-1.782	0.0374	0.017	2.7600	0.0093	0.0111	6.187	0.0079	0.0125	4.433	0.007	0.0130	0.0040	0.01640	0.0000	0.0204
2	18.40	0.0408	-1.461	0.0720	0.031	2.9124	0.0383	0.0025	8.787	0.0389	0.0019	4.585	0.035	0.0057	0.0258	0.01501	0.0043	0.0365
3	19.40	0.0612	-1.338	0.0905	0.029	2.9653	0.0584	0.0028	9.787	0.0606	0.0007	4.638	0.055	0.0059	0.0441	0.01714	0.0151	0.0462
4	19.50	0.0816	-1.325	0.0925	0.011	2.9704	0.0608	0.0209	9.887	0.0631	0.0186	4.643	0.058	0.0240	0.0463	0.03533	0.0167	0.0649
5	19.80	0.1020	-1.288	0.0988	0.003	2.9857	0.0681	0.0339	10.187	0.0709	0.0311	4.658	0.065	0.0369	0.0534	0.04865	0.0225	0.0796
6	22.60	0.1224	-0.943	0.1729	0.050	3.1179	0.1625	0.0400	12.987	0.1692	0.0468	4.791	0.163	0.0401	0.1524	0.02999	0.1375	0.0150
7	22.90	0.1429	-0.906	0.1826	0.040	3.1311	0.1752	0.0323	13.287	0.1822	0.0393	4.804	0.176	0.0328	0.1663	0.02347	0.1557	0.0128
8	23.00	0.1633	-0.893	0.1859	0.023	3.1355	0.1795	0.0162	13.387	0.1866	0.0233	4.808	0.180	0.0169	0.1711	0.00782	0.1619	0.0014
9	23.40	0.1837	-0.844	0.1994	0.016	3.1527	0.1973	0.0136	13.787	0.2046	0.0209	4.826	0.199	0.0149	0.1907	0.00698	0.1877	0.0040
10	24.50	0.2041	-0.708	0.2394	0.035	3.1987	0.2496	0.0456	14.887	0.2571	0.0530	4.871	0.253	0.0485	0.2485	0.04439	0.2630	0.0589
11	24.50	0.2245	-0.708	0.2394	0.015	3.1987	0.2496	0.0251	14.887	0.2571	0.0326	4.871	0.253	0.0281	0.2485	0.02398	0.2630	0.0385
12	24.60	0.2449	-0.696	0.2433	0.002	3.2027	0.2546	0.0097	14.987	0.2620	0.0171	4.876	0.258	0.0128	0.2540	0.00906	0.2700	0.0251
13	24.70	0.2653	-0.683	0.2472	0.018	3.2068	0.2596	0.0057	15.087	0.2670	0.0017	4.880	0.263	0.0024	0.2595	0.00582	0.2771	0.0118
14	24.80	0.2857	-0.671	0.2511	0.035	3.2108	0.2646	0.0211	15.187	0.2720	0.0137	4.884	0.268	0.0177	0.2650	0.02067	0.2842	0.0016
15	25.70	0.3061	-0.560	0.2877	0.018	3.2465	0.3111	0.0050	16.087	0.3180	0.0118	4.919	0.316	0.0096	0.3161	0.01003	0.3477	0.0416
16	26.00	0.3265	-0.523	0.3005	0.026	3.2581	0.3269	0.0004	16.387	0.3336	0.0070	4.931	0.332	0.0054	0.3335	0.00696	0.3686	0.0421
17	26.30	0.3469	-0.486	0.3135	0.033	3.2696	0.3429	0.0040	16.687	0.3493	0.0023	4.942	0.348	0.0013	0.3509	0.00398	0.3893	0.0424
18	26.50	0.3673	-0.461	0.3223	0.045	3.2771	0.3536	0.0137	16.887	0.3598	0.0076	4.950	0.359	0.0082	0.3626	0.00479	0.4030	0.0356
19	26.80	0.3878	-0.424	0.3357	0.052	3.2884	0.3698	0.0180	17.187	0.3756	0.0122	4.961	0.376	0.0122	0.3800	0.00773	0.4231	0.0354
20	26.80	0.4082	-0.424	0.3357	0.072	3.2884	0.3698	0.0384	17.187	0.3756	0.0326	4.961	0.376	0.0326	0.3800	0.02814	0.4231	0.0149
21	28.00	0.4286	-0.276	0.3912	0.037	3.3322	0.4345	0.0059	18.387	0.4387	0.0101	5.005	0.441	0.0125	0.4493	0.02069	0.4997	0.0711
22	28.30	0.4490	-0.239	0.4055	0.043	3.3429	0.4506	0.0016	18.687	0.4544	0.0054	5.016	0.457	0.0083	0.4663	0.01727	0.5176	0.0686
23	28.40	0.4694	-0.227	0.4103	0.059	3.3464	0.4559	0.0135	18.787	0.4596	0.0098	5.019	0.463	0.0067	0.4719	0.00248	0.5235	0.0541
24	28.90	0.4898	-0.165	0.4344	0.055	3.3638	0.4824	0.0074	19.287	0.4854	0.0044	5.037	0.489	0.0005	0.4996	0.00983	0.5520	0.0623
25	29.40	0.5102	-0.103	0.4588	0.051	3.3810	0.5086	0.0016	19.787	0.5108	0.0006	5.054	0.515	0.0053	0.5267	0.01651	0.5792	0.0690
26	29.40	0.5306	-0.103	0.4588	0.072	3.3810	0.5086	0.0220	19.787	0.5108	0.0198	5.054	0.515	0.0151	0.5267	0.00390	0.5792	0.0485

27	29.50	0.5510	-0.091	0.4637	0.087	3.3844	0.5138	0.0372	19.887	0.5158	0.0352	5.057	0.521	0.0304	0.5320	0.01898	0.5844	0.0334
28	29.80	0.5714	-0.054	0.4785	0.093	3.3945	0.5292	0.0422	20.187	0.5308	0.0406	5.067	0.536	0.0354	0.5478	0.02358	0.5998	0.0284
29	30.10	0.5918	-0.017	0.4932	0.099	3.4045	0.5444	0.0474	20.487	0.5456	0.0463	5.077	0.551	0.0407	0.5634	0.02849	0.6147	0.0228
30	30.30	0.6122	0.008	0.5031	0.109	3.4111	0.5544	0.0578	20.687	0.5553	0.0569	5.084	0.561	0.0511	0.5735	0.03873	0.6243	0.0121
31	30.40	0.6327	0.020	0.5080	0.125	3.4144	0.5594	0.0732	20.787	0.5601	0.0725	5.087	0.566	0.0666	0.5785	0.05411	0.6290	0.0036
32	32.20	0.6531	0.242	0.5957	0.057	3.4720	0.6441	0.0090	22.587	0.6426	0.0105	5.145	0.650	0.0034	0.6626	0.00955	0.7050	0.0519
33	32.40	0.6735	0.267	0.6052	0.068	3.4782	0.6529	0.0206	22.787	0.6511	0.0223	5.151	0.658	0.0152	0.6712	0.00230	0.7124	0.0389
34	32.40	0.6939	0.267	0.6052	0.089	3.4782	0.6529	0.0410	22.787	0.6511	0.0427	5.151	0.658	0.0356	0.6712	0.02271	0.7124	0.0185
35	33.00	0.7143	0.341	0.6334	0.081	3.4965	0.6784	0.0359	23.387	0.6761	0.0382	5.169	0.683	0.0310	0.6959	0.01843	0.7335	0.0192
36	33.40	0.7347	0.390	0.6518	0.083	3.5086	0.6947	0.0399	23.787	0.6921	0.0426	5.181	0.699	0.0355	0.7115	0.02318	0.7466	0.0119
37	33.70	0.7551	0.427	0.6654	0.090	3.5175	0.7066	0.0485	24.087	0.7037	0.0514	5.190	0.711	0.0443	0.7228	0.03227	0.7561	0.0010
38	34.00	0.7755	0.464	0.6788	0.097	3.5264	0.7182	0.0573	24.387	0.7151	0.0604	5.199	0.722	0.0534	0.7338	0.04171	0.7651	0.0104
39	38.30	0.7959	0.995	0.8402	0.044	3.6454	0.8492	0.0532	28.687	0.8453	0.0494	5.318	0.849	0.0531	0.8550	0.05904	0.8613	0.0654
40	38.80	0.8163	1.057	0.8547	0.038	3.6584	0.8605	0.0441	29.187	0.8567	0.0404	5.331	0.860	0.0436	0.8652	0.04888	0.8693	0.0529
41	40.30	0.8367	1.242	0.8929	0.056	3.6964	0.8902	0.0534	30.687	0.8869	0.0501	5.369	0.889	0.0520	0.8921	0.05536	0.8902	0.0535
42	40.80	0.8571	1.304	0.9038	0.047	3.7087	0.8988	0.0416	31.187	0.8956	0.0385	5.381	0.897	0.0399	0.8999	0.04274	0.8963	0.0391
43	41.30	0.8776	1.365	0.9139	0.036	3.7209	0.9068	0.0292	31.687	0.9038	0.0263	5.394	0.905	0.0272	0.9071	0.02958	0.9020	0.0244
44	42.30	0.8980	1.489	0.9317	0.034	3.7448	0.9211	0.0232	32.687	0.9186	0.0206	5.418	0.919	0.0208	0.9202	0.02221	0.9124	0.0144
45	44.00	0.9184	1.699	0.9553	0.037	3.7842	0.9410	0.0227	34.387	0.9391	0.0208	5.457	0.938	0.0199	0.9384	0.02004	0.9272	0.0088
46	45.40	0.9388	1.871	0.9694	0.031	3.8155	0.9538	0.0151	35.787	0.9525	0.0137	5.488	0.951	0.0121	0.9503	0.01157	0.9372	0.0016
47	47.30	0.9592	2.106	0.9824	0.023	3.8565	0.9671	0.0079	37.687	0.9664	0.0072	5.529	0.964	0.0050	0.9630	0.00382	0.9484	0.0108
48	53.30	0.9796	2.846	0.9978	0.018	3.9759	0.9892	0.0096	43.687	0.9894	0.0098	5.649	0.987	0.0075	0.9855	0.00593	0.9709	0.0087
X	30.2375					3.3754			α	6.48		α	372.65		α	6.3174	α	0.2039
S	8.1024					0.2615			β	3.1831		β	0.0135		μ	26.5914	μ	3.2577
CS	0.7857					0.1036			X0	9.6131		X0	-1.6728					
n	48			Dmáx	0.12465			0.0732			0.07251		0.0666					0.07958
a	0.05			Dcrítico > Dmáx	Si se ajusta			Si se ajusta			Si se ajusta		Si se ajusta				Si se ajusta	Si se ajusta
Δ crítico	0.196			Mejor Ajuste	6			4			3		2			1		5

Fuente: Elaboración propia

De las pruebas de bondad realizadas la que más se ajusta es la distribución Gumbel, esta es una de las pruebas realizadas en gabinete y se procedió a comparar mediante el software Hydrognomon 4 para verificar la confiabilidad de la misma.

Dada las comparaciones se procede a emplear el método de Gumbel porque es la distribución que más se acerca al 1% tanto en el programa como en el cálculo de Excel.

Contenido 5: Prueba Smirnov-kolgomorov

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.87%	0.05438
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.81%	0.05568
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.57%	0.05898
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.16%	0.06973
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.68%	0.07093
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.43%	0.07151
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.39%	0.0716
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.10%	0.07224
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.97%	0.07251
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.61%	0.07325
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.99%	0.07444
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.43%	0.08132
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.95%	0.08655
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.51%	0.08908
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.69%	0.09183
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.03%	0.09703
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.68%	0.09998
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	44.03%	0.12453
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.90%	0.12465
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.32%	0.13705
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.60%	0.13791
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.29%	0.15725
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.24%	0.15734
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.13%	0.19474
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.09%	0.19496
Pareto (L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.30%	0.25956
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	0.04%	0.29685

Fuente: Elaboración propia

Del contenido #05 Se aceptó la teoría probabilística de Gumbel mediante la prueba de smirnov-kolgomorov debido a que se ajusta más a la serie de datos.

Contenido 6: Prueba Chi-cuadrado

PRUEBA CHI-CUADRADO						
Número de Clases				6.0		
X-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	Pearson Param.	
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.10%	1.25	
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.23%	1.5	
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.23%	1.5	
GEV-Max (kappa specified, L-Moment	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.23%	1.5	
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.59%	1.75	
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.18%	2.75	
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.18%	2.75	
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.69%	1.75	
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.08%	3.5	
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.15%	4	
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.31%	3	
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.34%	3.75	
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.53%	4	
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.53%	4	
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.53%	4	
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.30%	4.75	
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.30%	4.75	
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.21%	5	
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.19%	7	
Normal	REJECT	REJECT	REJECT	0.74%	12	
EV1-Min (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.66%	12.25	
Normal (L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.59%	12.5	
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.33%	13.75	
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.14%	15.5	
EV3-Min (Weibull)	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	17	
GEV-Min (kappa specified)	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	17	
GEV-Min (kappa specified, L-Moment	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	17	

Fuente: Elaboración propia

Del contenido #06 Se aceptó la teoría probabilística de Gumbel mediante la prueba de chi-cuadrado debido a que se ajusta más a la serie de datos.

Contenido 7: Resultados de la precipitación máxima para los diferentes periodos de retorno

<p>NOMBRE CUENCA: SANTA ESTACIÓN: RECUAY DISTRIBUCIÓN TEORICA ELEGIDA: GUMBEL HYDROGNOMOM</p>			
Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste	1.13	<i>Número de observaciones por día = 1</i>	
Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	28.906	32.664	0.500000
5	36.069	40.758	0.800000
10	40.812	46.117	0.900000
25	46.804	52.889	0.960000
50	51.249	57.912	0.980000
100	55.662	62.898	0.990000
200	60.059	67.866	0.995000
500	65.859	74.420	0.998000
1000	70.243	79.374	0.999000
10000	84.798	95.821	0.999900

Fuente: Elaboración propia

Del contenido #07, ya empleados los datos estadísticos por el método de Gumbel se aplicó el registro en el programa Hydrognomon que arrojó las precipitaciones máximas en milímetros para periodos de retorno ya establecidos, Por medio del MMO (Organización Meteorológica Mundial), en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor 1.13, se producirán valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observación fijo, bajo este criterio se desarrolló el producto de las precipitaciones obtenidas por

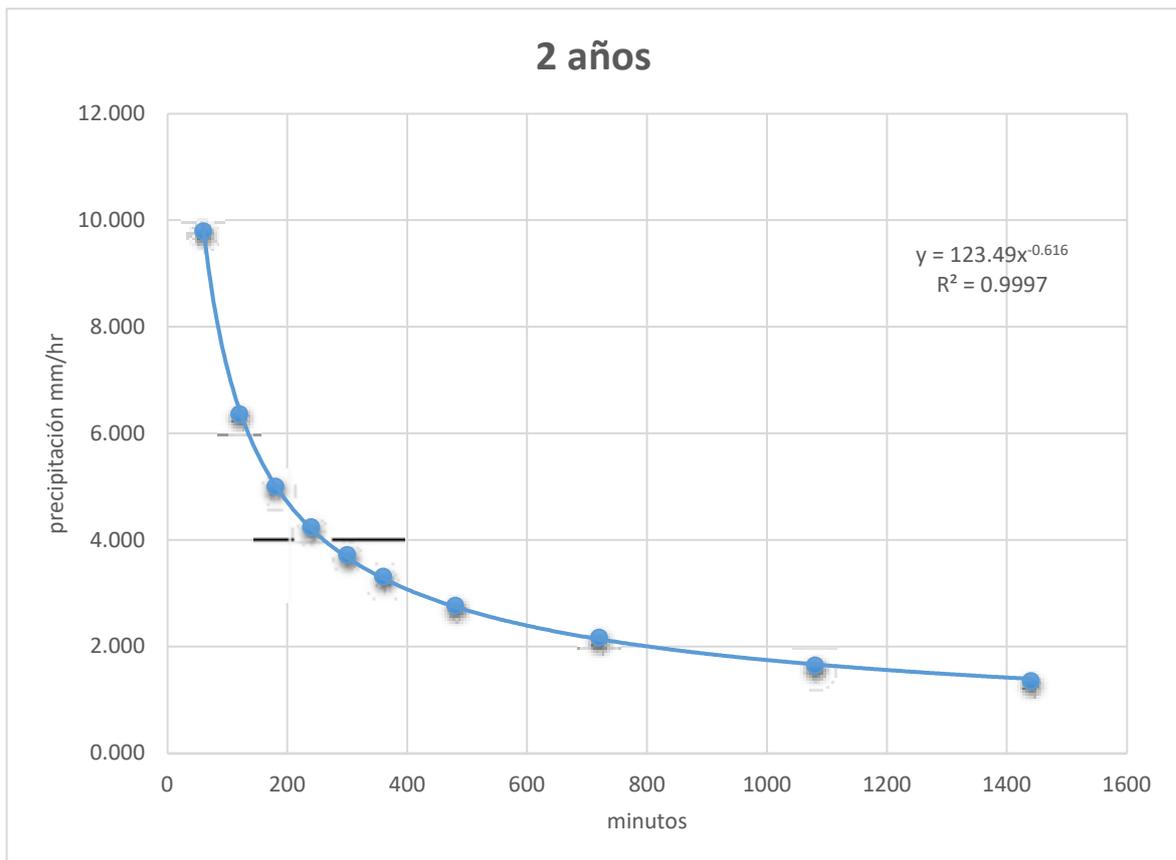
el factor de ajuste, donde se obtuvieron nuevos resultados que corregían las precipitaciones calculadas. Los registros que se emplearon fueron desde 2 hasta 500 años.

Interpretación: Mediante el empleo de la teoría de Gumbel para un periodo de retorno de 2 años se obtuvo una precipitación máxima de 29.906 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 32.664 mm, para un periodo de retorno de 5 años se obtuvo una precipitación máxima de 36.069 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 40.758 mm, para un periodo de retorno de 10 años se obtuvo una precipitación máxima de 40.812 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 46.117 mm, para un periodo de retorno de 25 años se obtuvo una precipitación máxima de 46.804 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 52.889 mm, para un periodo de retorno de 50 años se obtuvo una precipitación máxima de 51.249 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 57.912 mm, para un periodo de retorno de 100 años se obtuvo una precipitación máxima de 55.662 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 62.898 mm, para un periodo de retorno de 200 años se obtuvo una precipitación máxima de 60.059 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 67.866 mm, para un periodo de retorno de 500 años se obtuvo una precipitación máxima de 65.859 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 74.420 mm. Estas precipitaciones obtenidas son por día.

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Una vez corregido los datos de precipitaciones máximas en 24h se procederá a efectuar los siguientes cálculos correspondientes, transformando la precipitación diaria en horas. Empleando el método de mínimos cuadrados de la potencial.

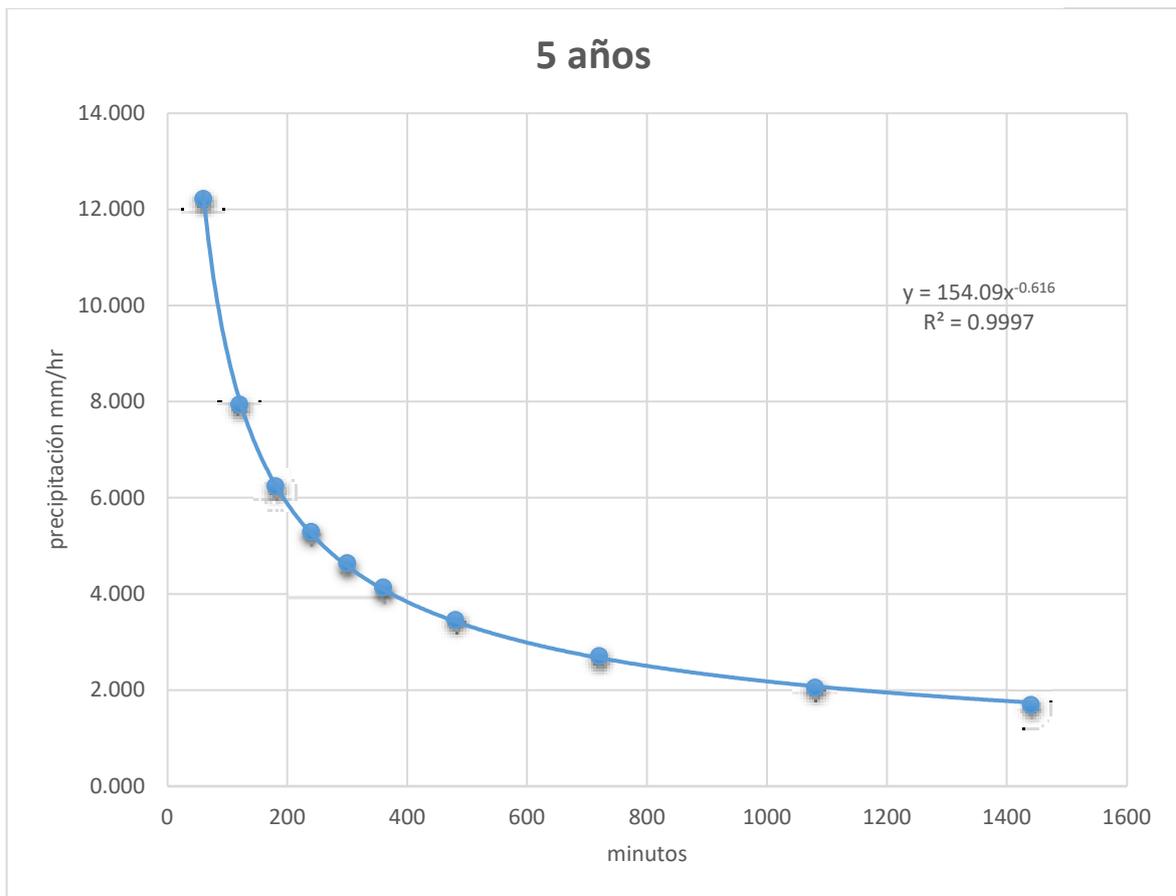
Gráfico 3: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 2 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #03 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 2 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 9.799mm, para 120 minutos una intensidad de 6.369mm, para 180 minutos una intensidad de 5.008mm, para 240 minutos una intensidad de 4.246mm, para 300 minutos una intensidad de 3.724mm, para 360 minutos una intensidad de 3.321mm, para 480 minutos una intensidad de 2.776mm, para 720 minutos una intensidad de 2.178mm, para 1080 minutos una intensidad de 1.651mm, para 1440 minutos una intensidad de 1.361mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

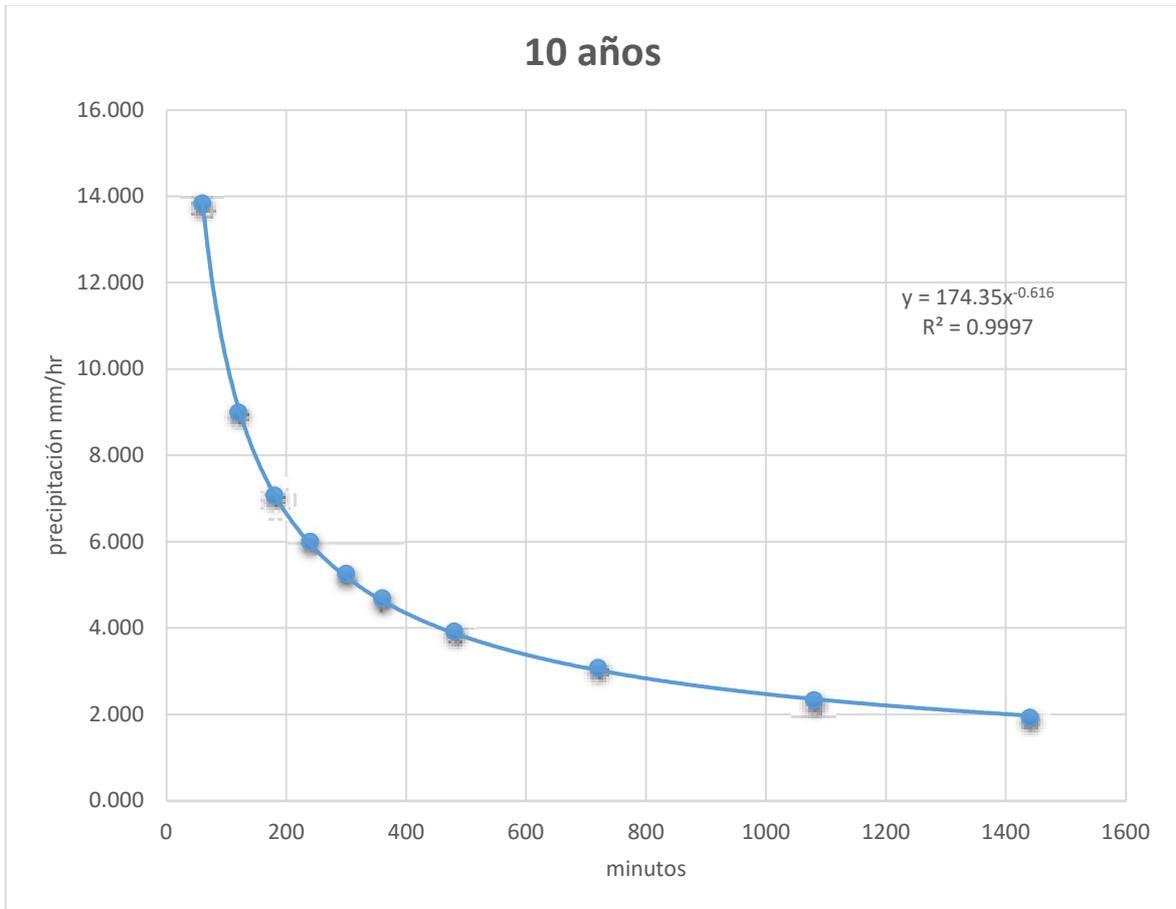
Gráfico 4: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #04 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 5 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 12.227mm, para 120 minutos una intensidad de 7.948mm, para 180 minutos una intensidad de 6.250mm, para 240 minutos una intensidad de 5.299mm, para 300 minutos una intensidad de 4.646mm, para 360 minutos una intensidad de 4.144mm, para 480 minutos una intensidad de 3.464mm, para 720 minutos una intensidad de 2.717mm, para 1080 minutos una intensidad de 2.061mm, para 1440 minutos una intensidad de 1.698mm. Siendo "Y" la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

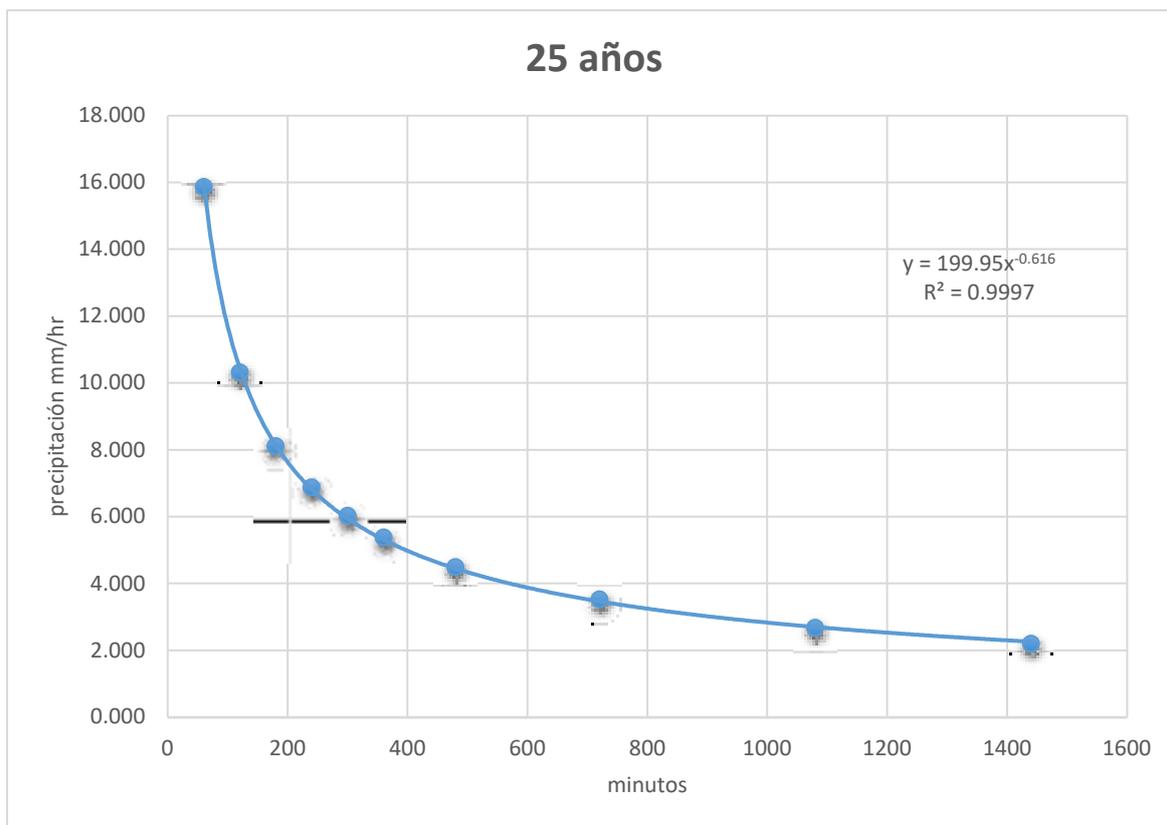
Gráfico 5: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #05 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 10 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 13.835mm, para 120 minutos una intensidad de 8.993mm, para 180 minutos una intensidad de 7.071mm, para 240 minutos una intensidad de 5.995mm, para 300 minutos una intensidad de 5.257mm, para 360 minutos una intensidad de 4.689mm, para 480 minutos una intensidad de 3.920mm, para 720 minutos una intensidad de 3.074mm, para 1080 minutos una intensidad de 2.331mm, para 1440 minutos una intensidad de 1.922mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

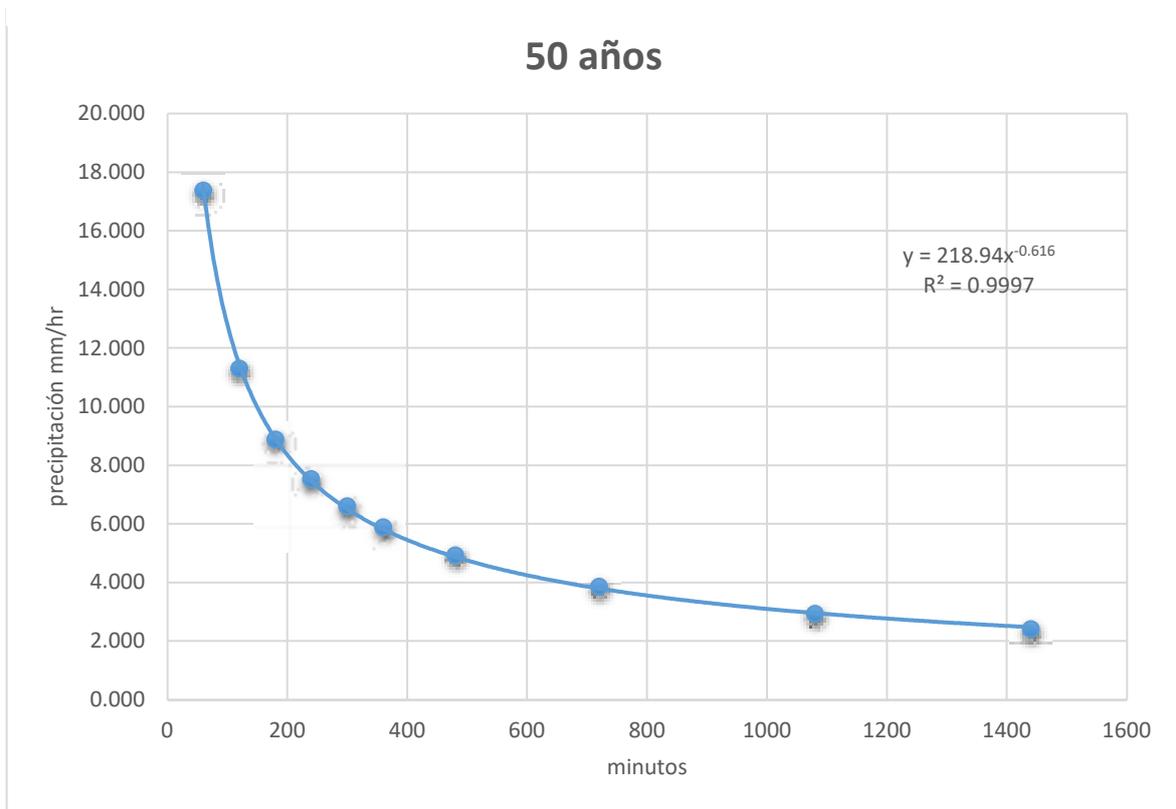
Gráfico 6: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 25 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #06 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 25 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 15.867mm, para 120 minutos una intensidad de 10.313mm, para 180 minutos una intensidad de 8.110mm, para 240 minutos una intensidad de 6.876mm, para 300 minutos una intensidad de 6.029mm, para 360 minutos una intensidad de 5.377mm, para 480 minutos una intensidad de 4.496mm, para 720 minutos una intensidad de 3.526mm, para 1080 minutos una intensidad de 2.674mm, para 1440 minutos una intensidad de 2.204mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

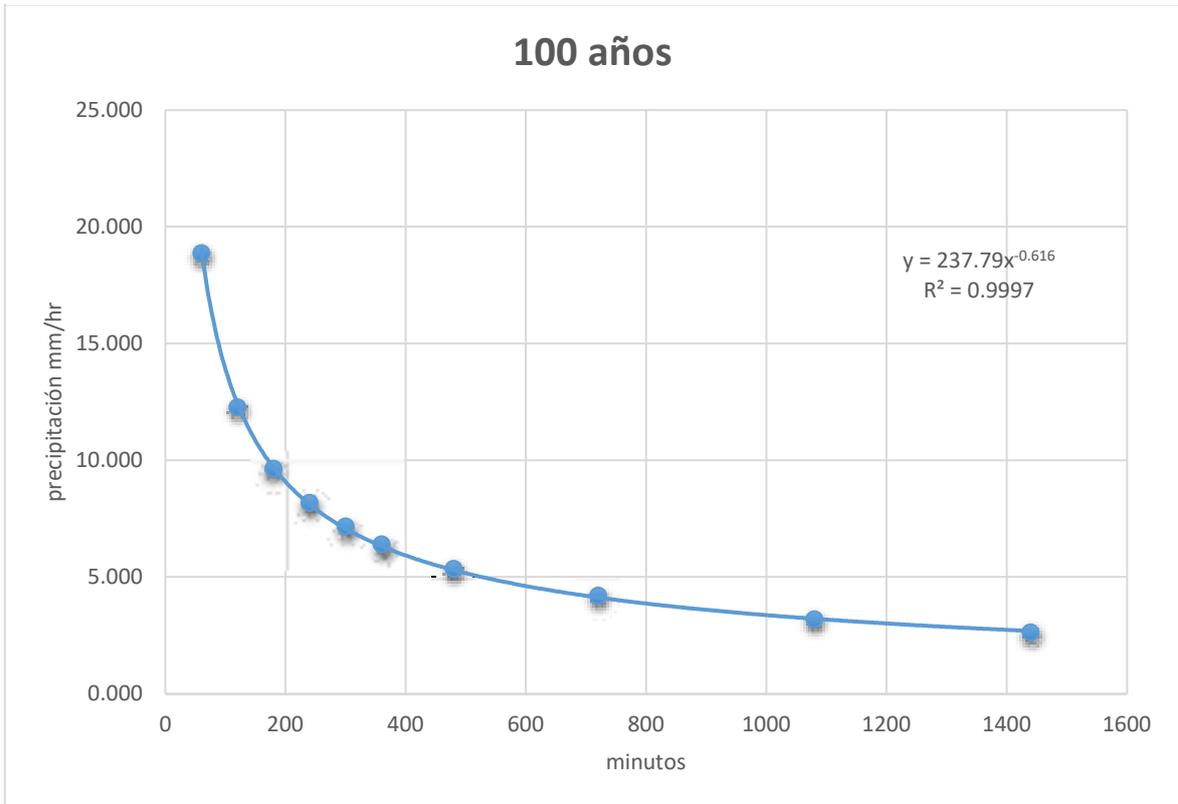
Gráfico 7: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #07 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 50 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 17.374mm, para 120 minutos una intensidad de 11.293mm, para 180 minutos una intensidad de 8.880mm, para 240 minutos una intensidad de 7.529mm, para 300 minutos una intensidad de 6.602mm, para 360 minutos una intensidad de 5.888mm, para 480 minutos una intensidad de 4.923mm, para 720 minutos una intensidad de 3.861mm, para 1080 minutos una intensidad de 2.928mm, para 1440 minutos una intensidad de 2.413mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

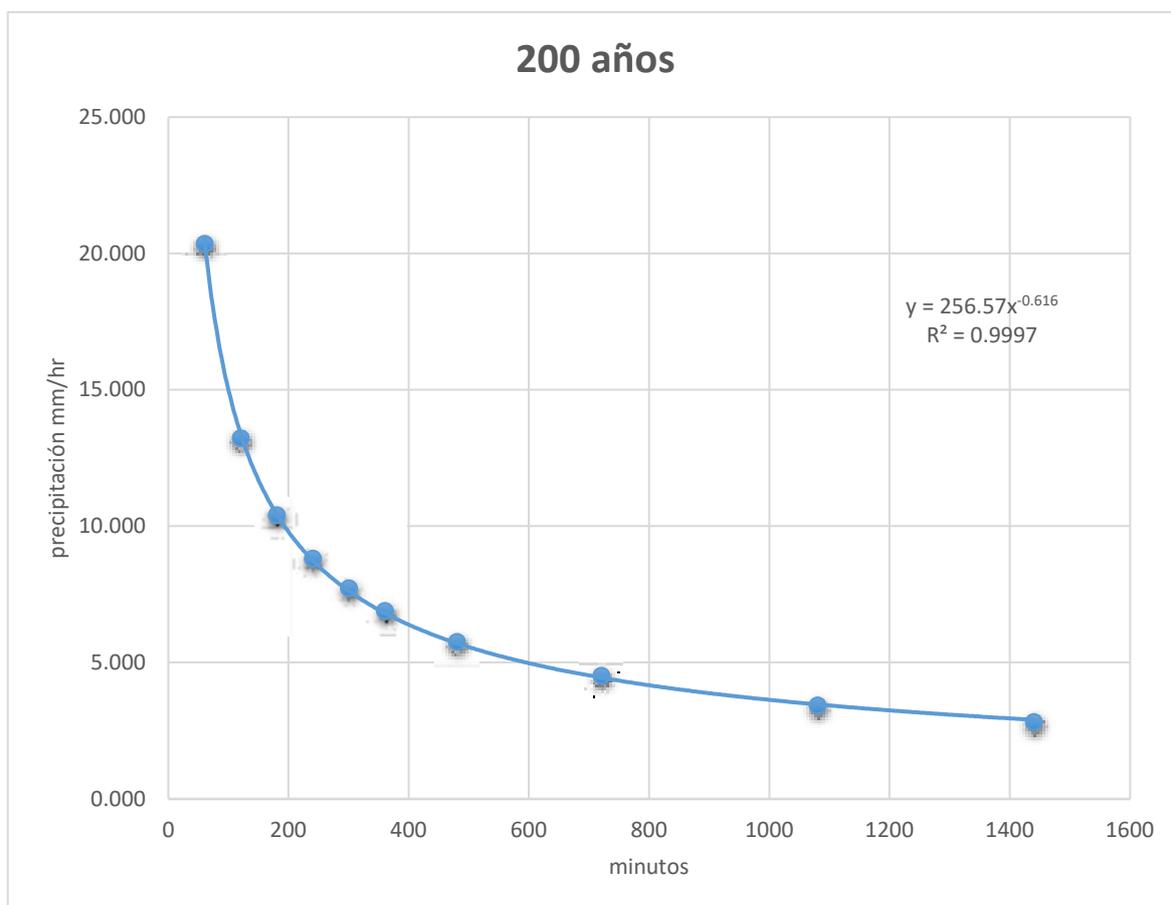
Gráfico 8: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #08 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 100 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 18.869mm, para 120 minutos una intensidad de 12.265mm, para 180 minutos una intensidad de 9.644mm, para 240 minutos una intensidad de 8.177mm, para 300 minutos una intensidad de 7.170mm, para 360 minutos una intensidad de 6.395mm, para 480 minutos una intensidad de 5.346mm, para 720 minutos una intensidad de 4.193mm, para 1080 minutos una intensidad de 3.180mm, para 1440 minutos una intensidad de 2.621mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

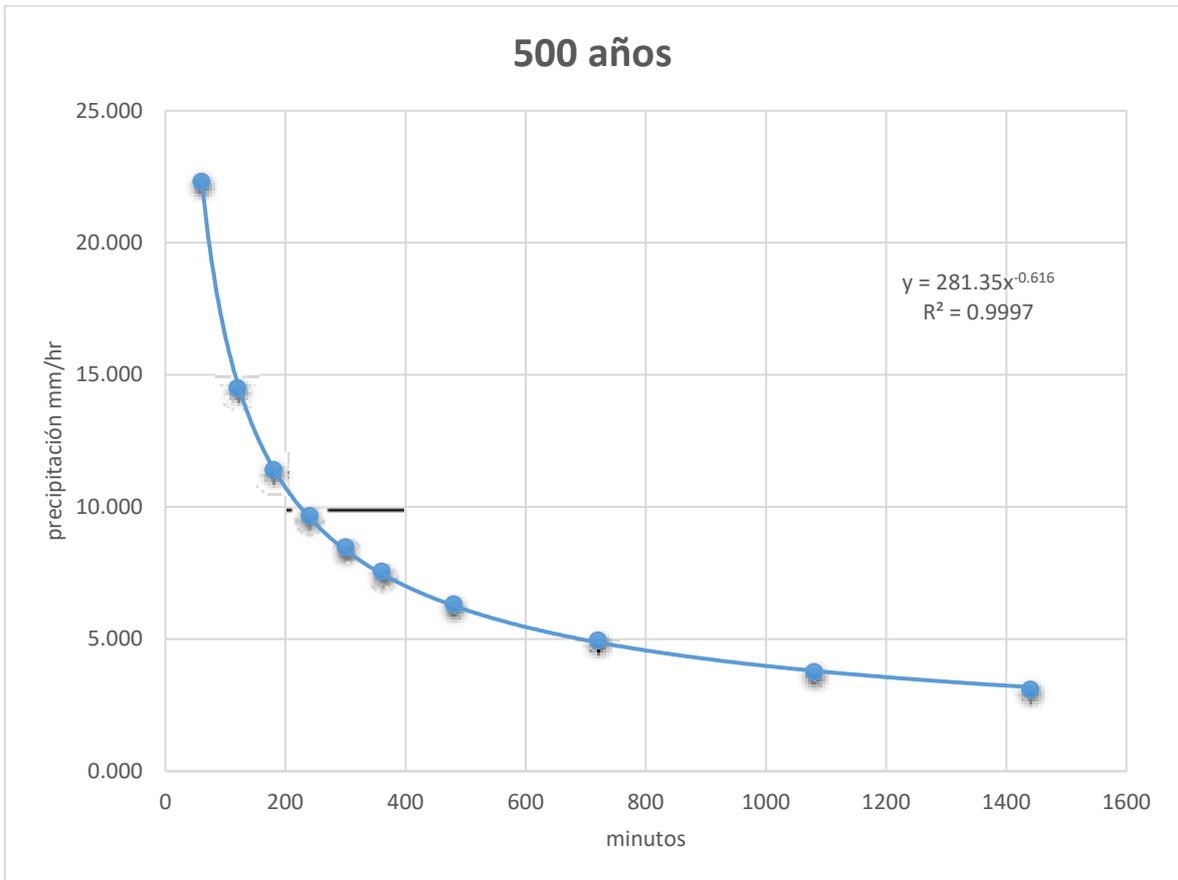
Gráfico 9: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 200 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #09 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 200 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 20.360mm, para 120 minutos una intensidad de 13.234mm, para 180 minutos una intensidad de 10.406mm, para 240 minutos una intensidad de 8.823mm, para 300 minutos una intensidad de 7.737mm, para 360 minutos una intensidad de 6.900mm, para 480 minutos una intensidad de 5.769mm, para 720 minutos una intensidad de 4.524mm, para 1080 minutos una intensidad de 3.431mm, para 1440 minutos una intensidad de 2.828mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

Gráfico 10: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 500 años

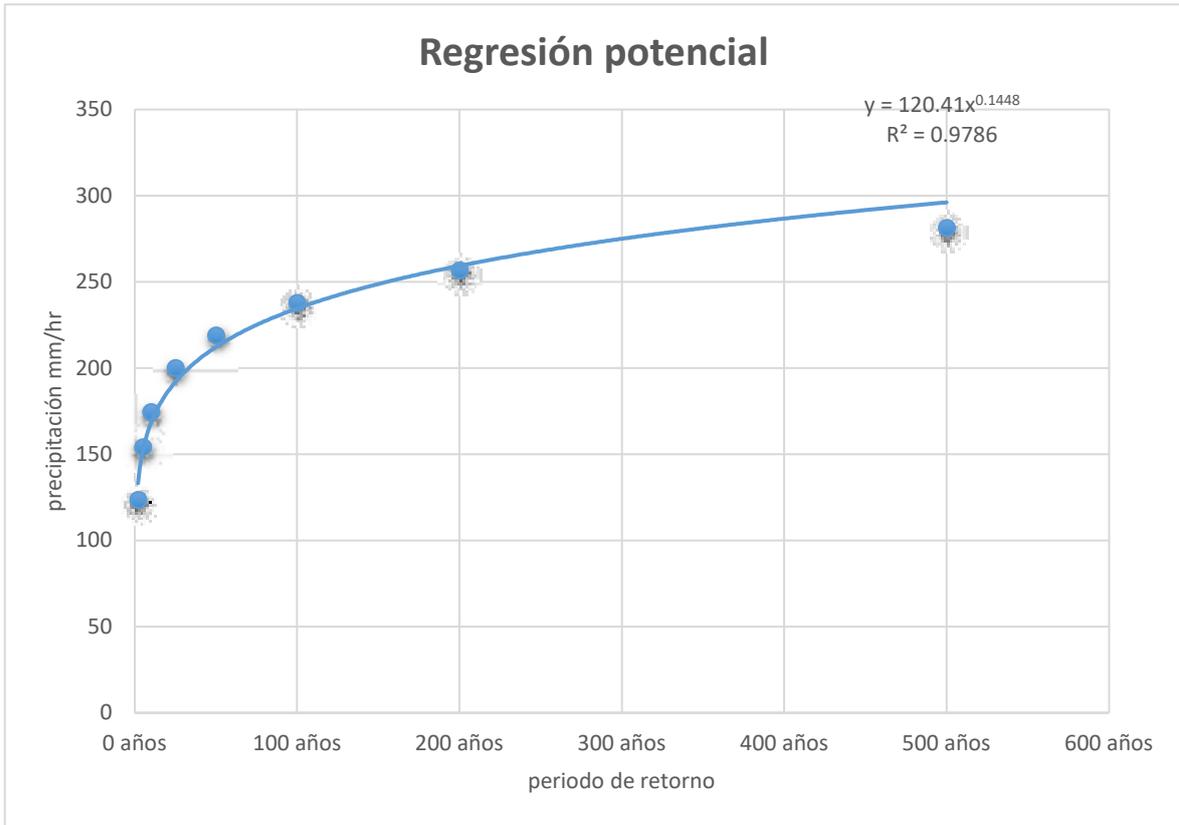


Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #10 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 200 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 22.326mm, para 120 minutos una intensidad de 14.512mm, para 180 minutos una intensidad de 11.411mm, para 240 minutos una intensidad de 9.675mm, para 300 minutos una intensidad de 8.484mm, para 360 minutos una intensidad de 7.566mm, para 480 minutos una intensidad de 6.326mm, para 720 minutos una intensidad de 4.961mm, para 1080 minutos una intensidad de 3.762mm, para 1440 minutos una intensidad de 3.101mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

Del resumen de aplicar la regresión potencial a todos los periodos de retorno.

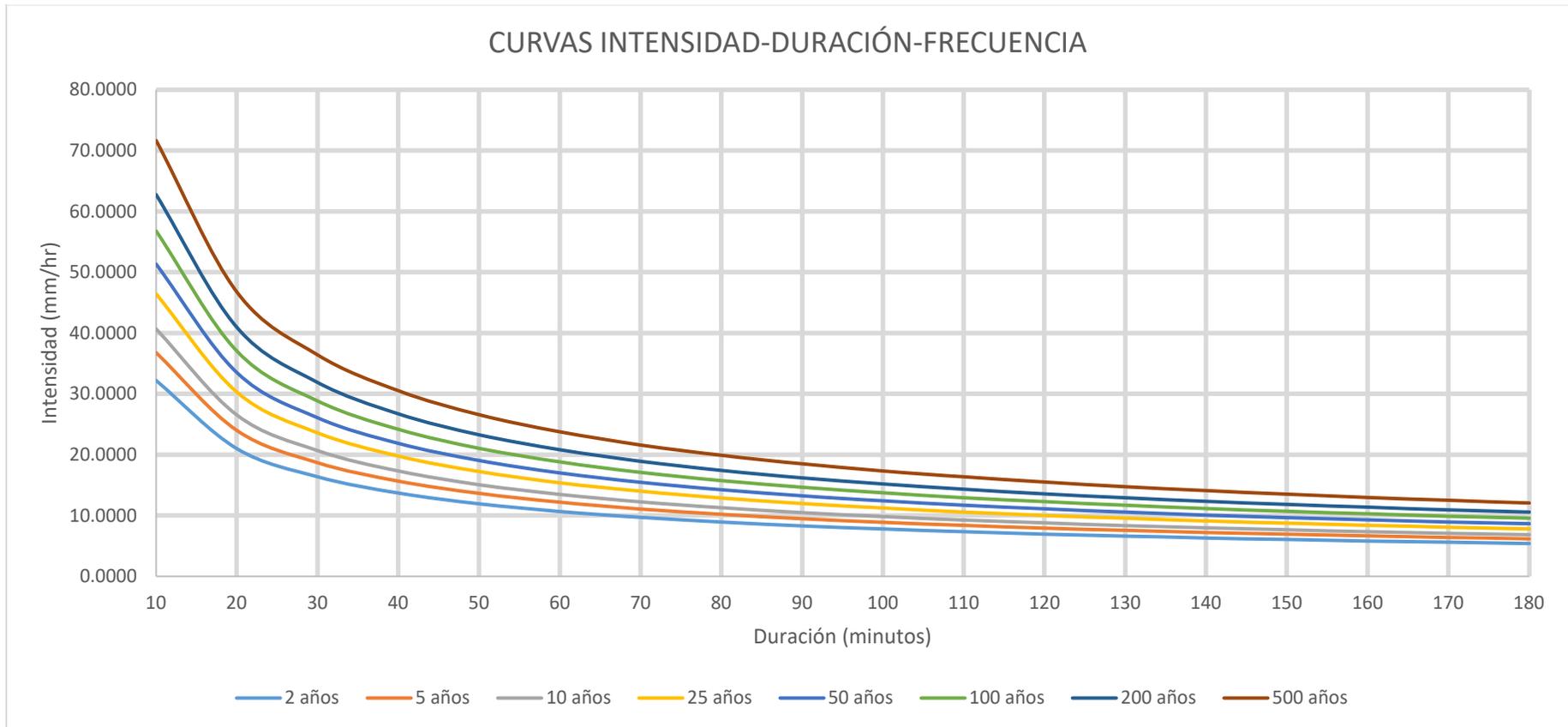
Gráfico 11: Regresión potencial de todos los periodos de retorno



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #11 se aprecia el resultado de todas las expresiones de precipitaciones en todos los periodos de retorno. Con estos datos de regresión se procederá a determinar la intensidad.

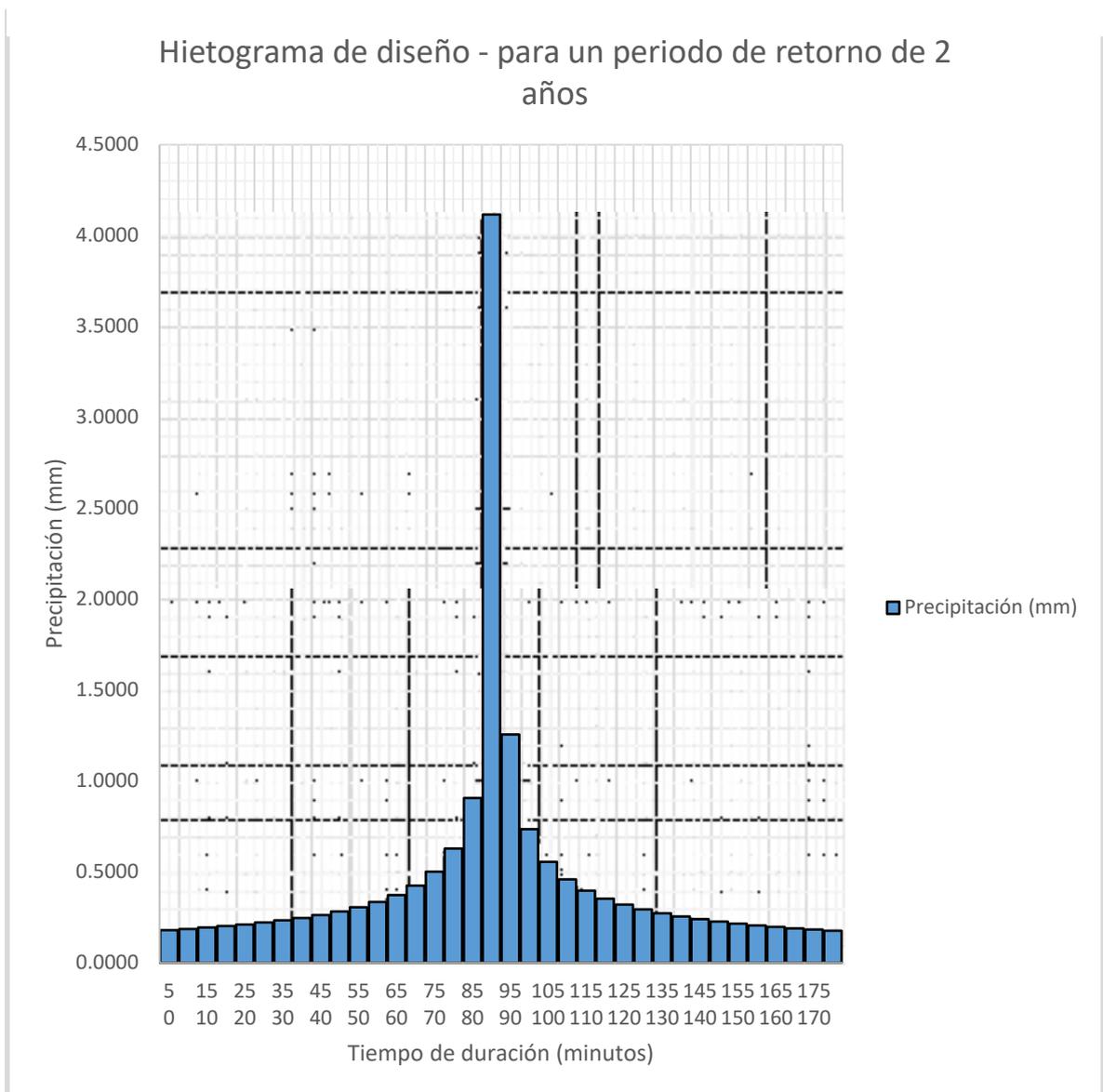
Gráfico 12: Gráfico de curvas intensidad-duración-frecuencia IDF



Fuente: Elaboración propia

Interpretación del gráfico #12, es el resumen de diseño que relaciona la intensidad de la lluvia con la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar o probabilidad de ocurrencia.

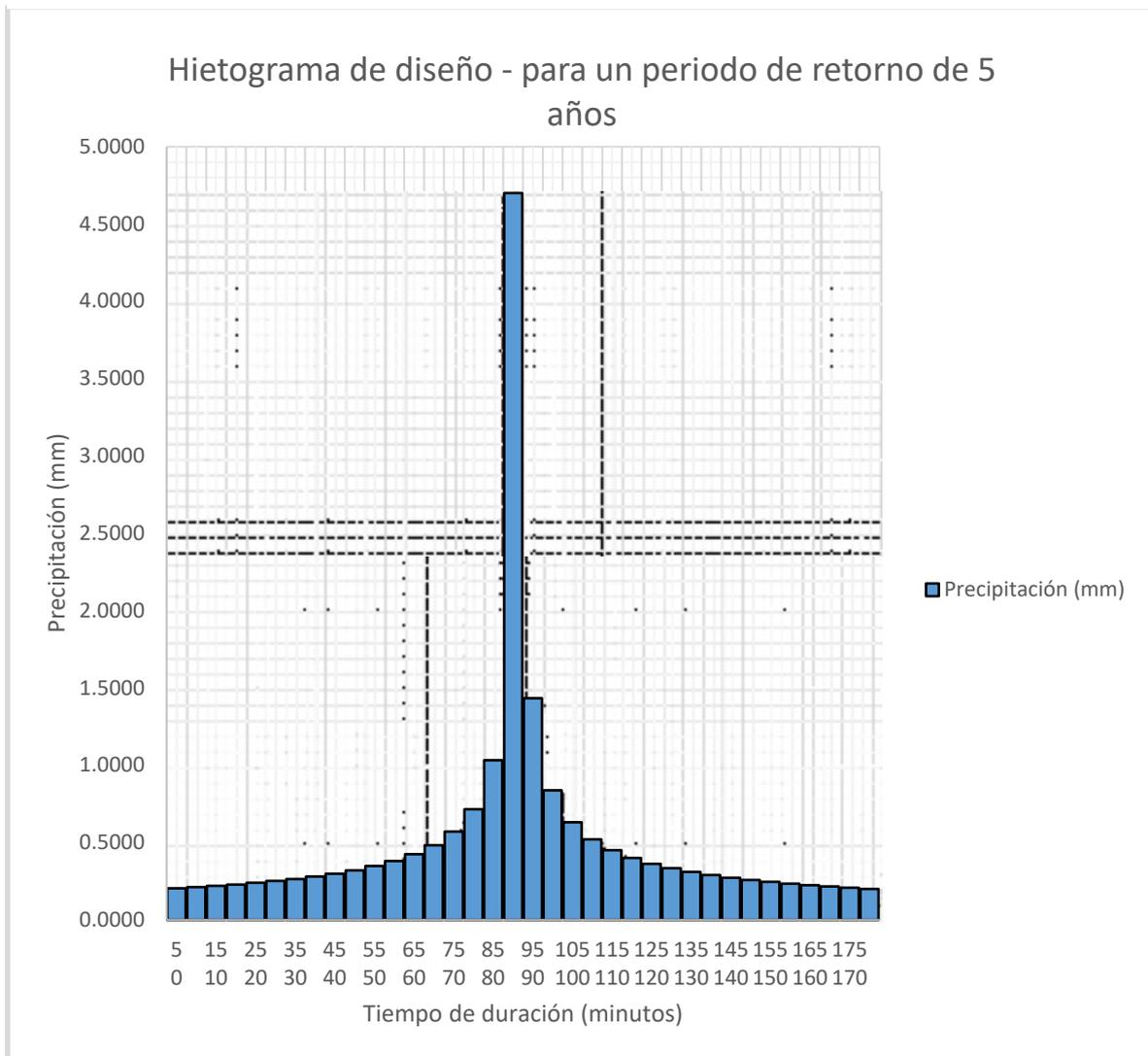
Gráfico 13: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #13 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 4.1163mm.

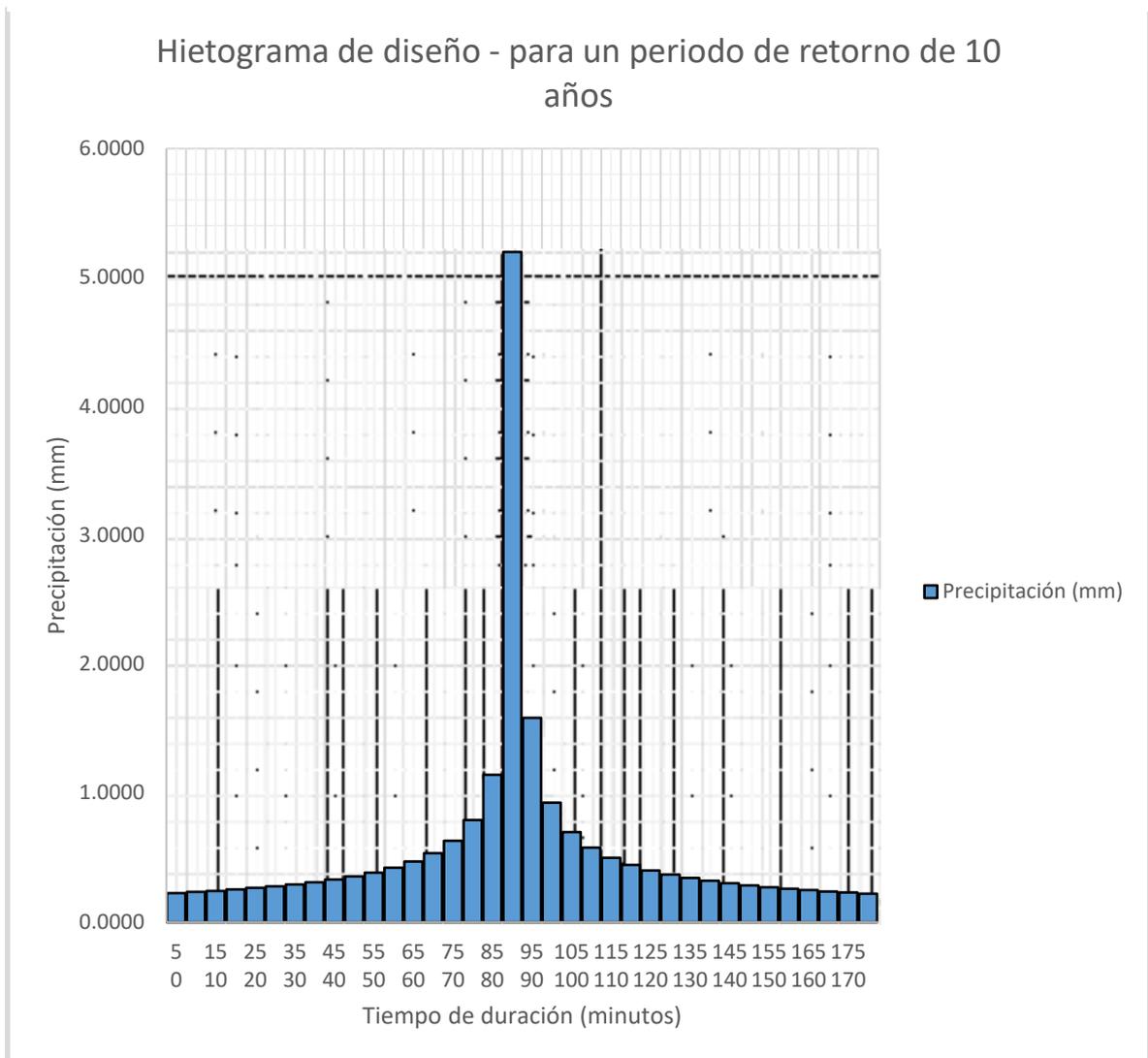
Gráfico 14: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #14 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 4.7003mm.

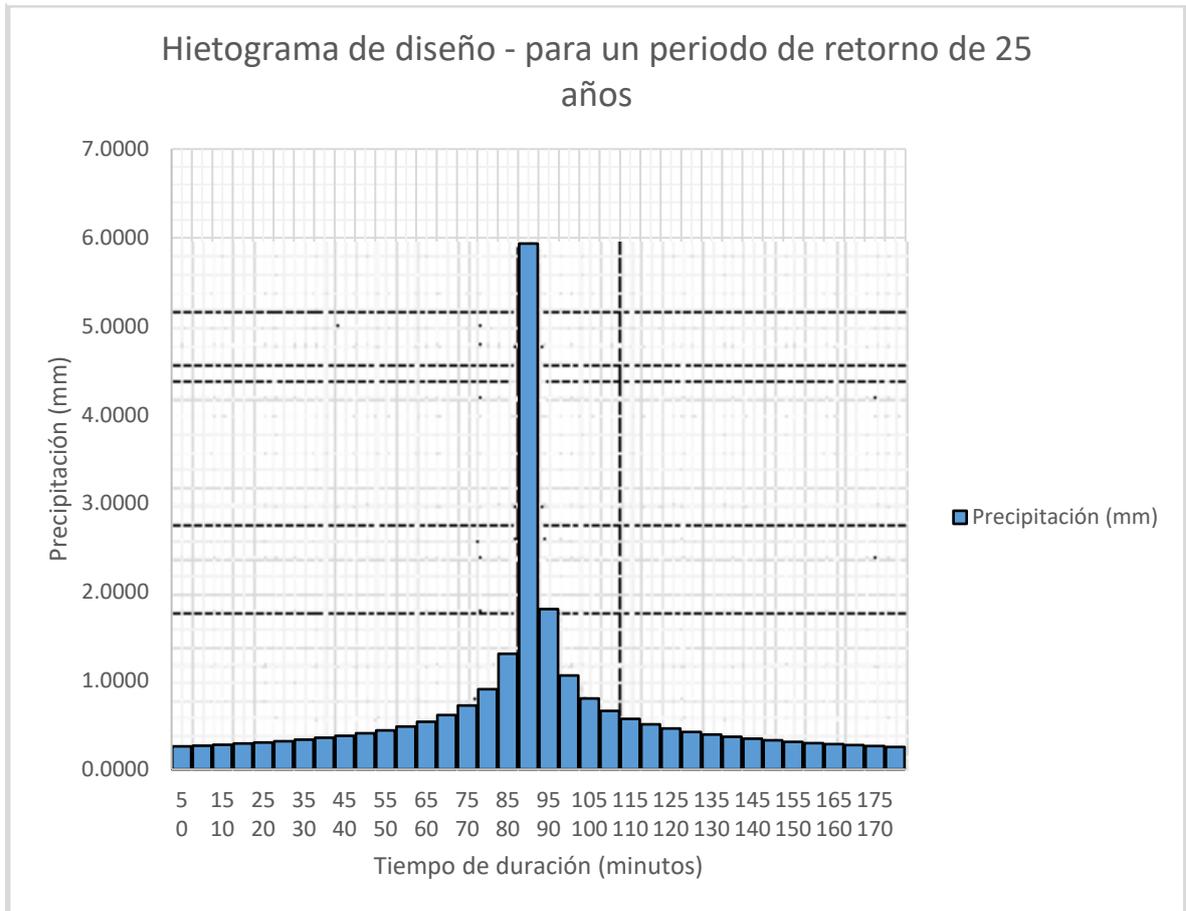
Gráfico 15: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #15 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 5.1966mm.

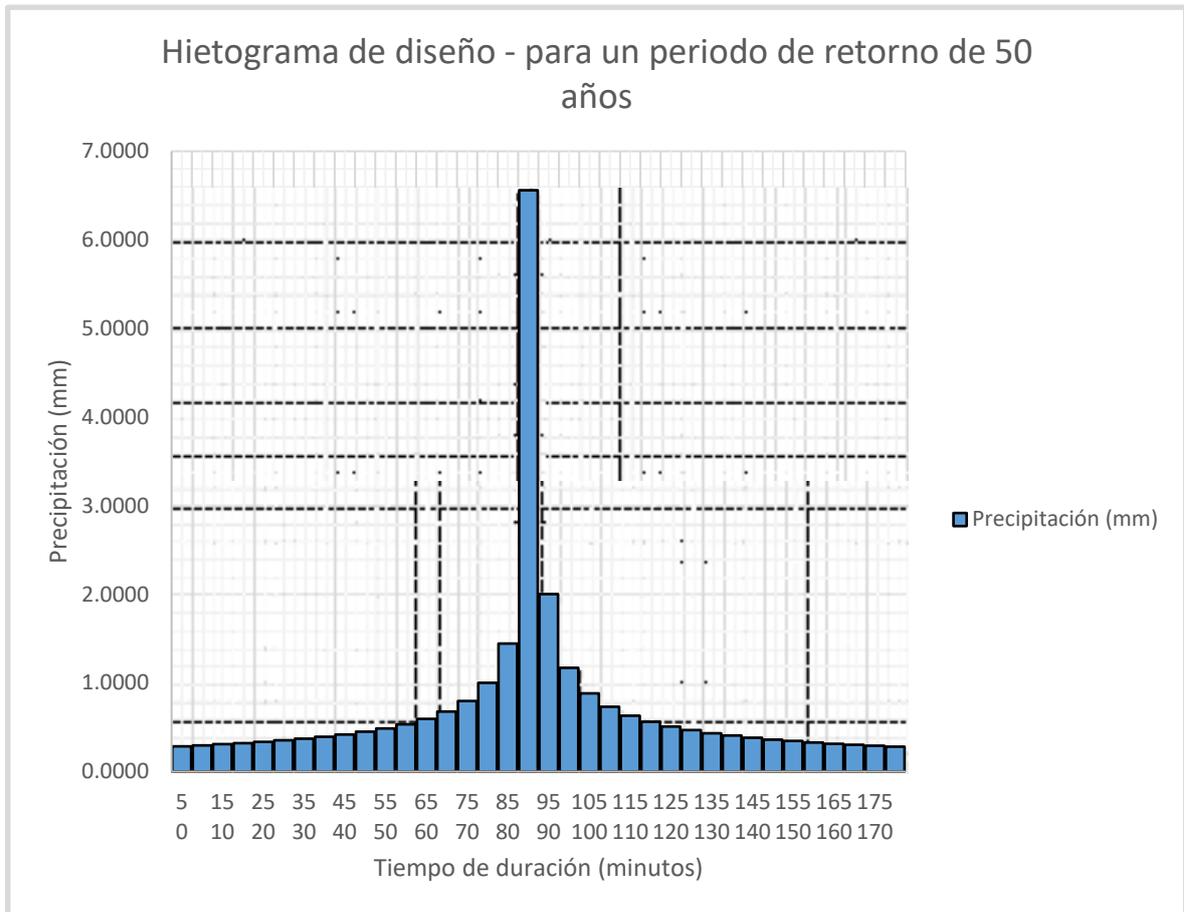
Gráfico 16: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #16 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 5.9339mm.

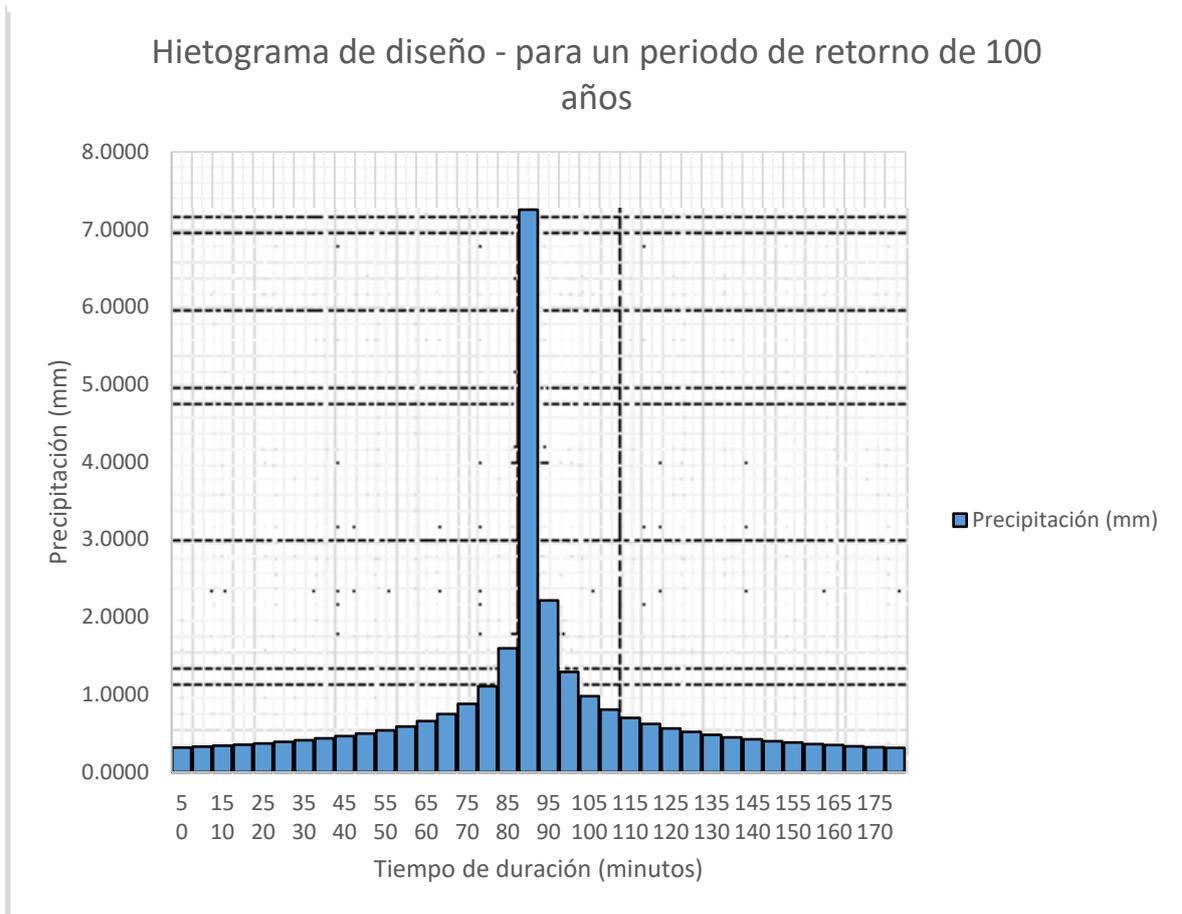
Gráfico 17: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #17 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 6.5603mm.

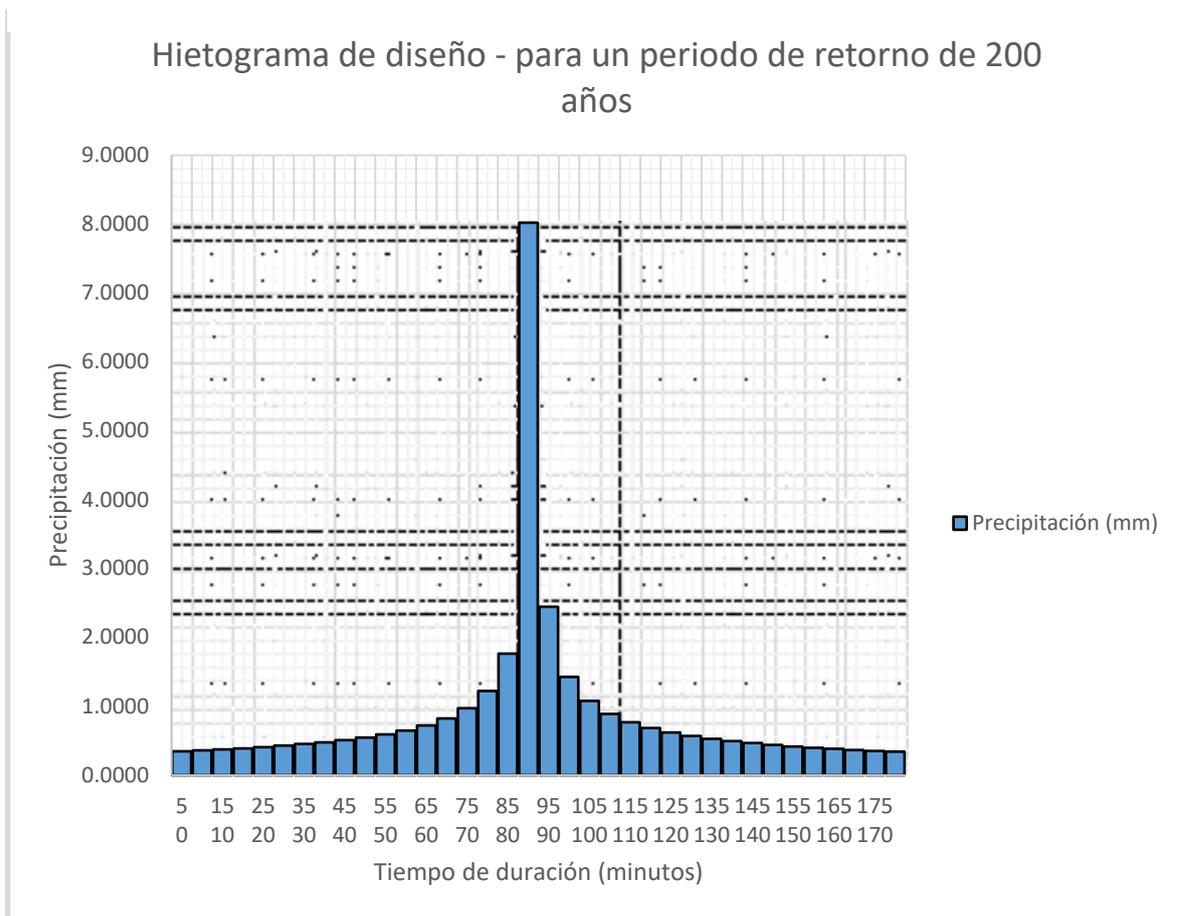
Gráfico 18: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #18 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 7.2530mm.

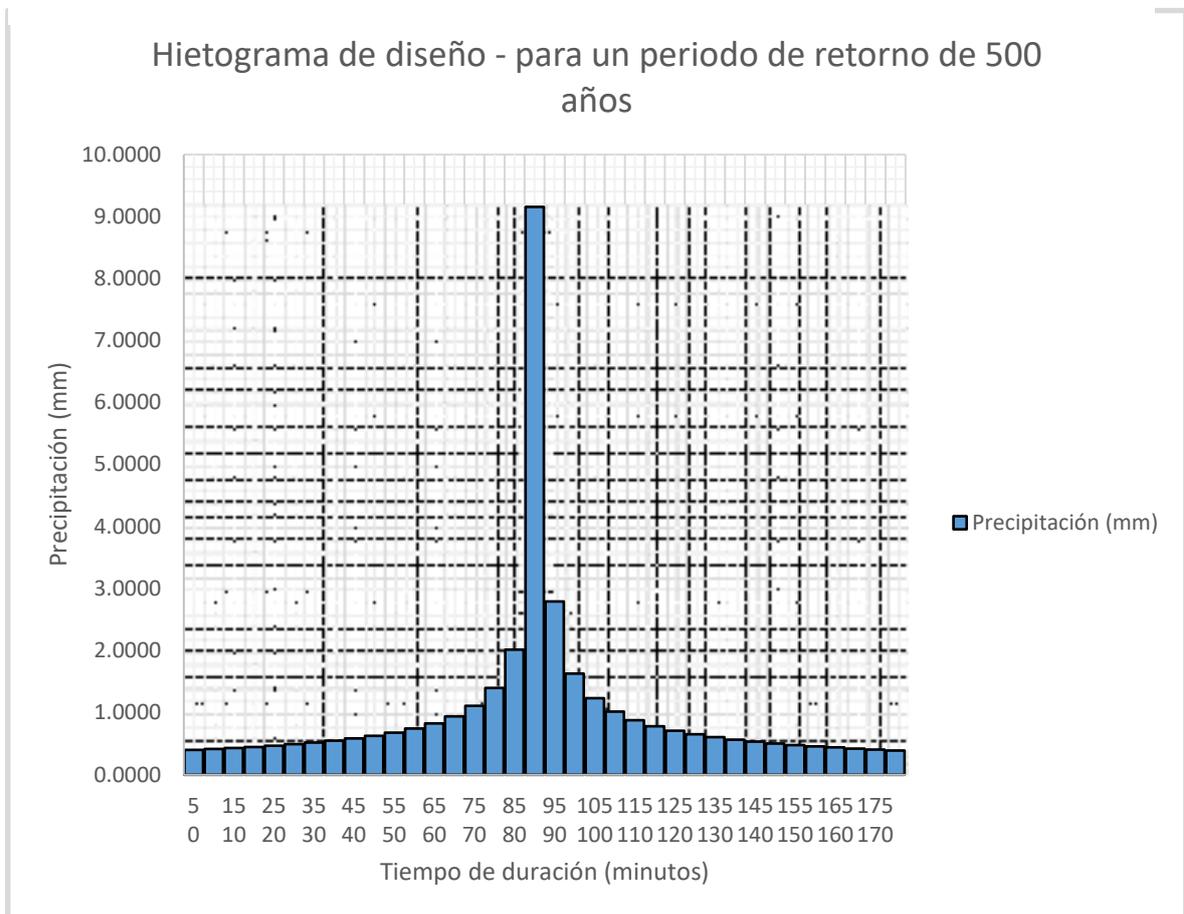
Gráfico 19: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #19 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 8.0187mm.

Gráfico 20: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #20 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 9.1564mm.

Cálculos

Selección del periodo de retorno, está en rigor bajo la ecuación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

n = Vida útil en años

T = Periodo de retorno

R = Riesgo de falla admisible

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{25}$$

$$R = 93.00 \%$$

Intensidad de lluvia mediante el método de Kirpich

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida en metros

S = Pendiente promedio de la cuenca

De los parámetros geomorfológicos se obtuvieron:

Longitud = 9396.544 m

Pendiente = 2.128 m/m

$$t_c = 0.01947 * 9396.544^{0.77} * 2.128^{-0.385}$$

$$t_c = 16.682 \text{ minutos}$$

Intensidad en un periodo de retorno de 10 años, bajo el criterio de IDF

$$I = (K * T^m) / t^n$$

Donde:

I = Intensidad máxima

K,m,n = Factores característicos de la zona de estudio

T = Periodo de retorno

t = Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración

$$I = (120.41 * 10^{0.1448}) / 16.682^{0.616}$$

$$I = 29.686 \text{ mm/hr}$$

Cálculo de intensidad mediante la fórmula IILA-SENAMHI-UNI modificada.

$$i = a * (1 + K * \text{Log}_{10}(T)) * (t + b)^{n-1}$$

La zona en estudio se encuentra en la división 5ª, subdivisión 8

$$5^a = K'g = 11 * Eg^{-0.85}$$

$$5^a 8 = Eg = 24 + 0.0025 Y$$

Donde:

Y = Altura promedio en m.

Según tabla:

$$n = 0.434$$

$$b = 0.400$$

$$tg = 15.5$$

$$Eg = 24 + 0.0025 (3000)$$

$$Eg = 31.500$$

$$K'g = 11 * 31.500^{-0.85}$$

$$K'g = 0.586$$

$$a = \left(\frac{1}{tg}\right)^n * Eg$$

$$a = \left(\frac{1}{15.5}\right)^n * 31.500$$

$$a = 13.729 \text{ mm}$$

Tabla 11: Intensidades maximas según método IILA-SENAMHI-UNI

Intensidades máximas ((mm/h) - por método IILA-SENAMHI-UNI modificada								
Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años							
	2	5	10	25	50	100	200	500
5	24.3726	29.2032	32.8575	37.6881	41.3423	44.9965	48.6508	53.4814
10	22.2742	26.6889	30.0285	34.4433	37.7829	41.1225	44.4621	48.8768
15	20.6100	24.6948	27.7849	31.8698	34.9598	38.0499	41.1400	45.2249
16.682	20.1232	24.1116	27.1287	31.1171	34.1342	37.1514	40.1685	44.1569
20	19.2498	23.0650	25.9512	29.7665	32.6526	35.5387	38.4249	42.2402
25	18.1121	21.7019	24.4175	28.0072	30.7228	33.4384	36.1540	39.7437
30	17.1429	20.5406	23.1109	26.5086	29.0788	31.6491	34.2194	37.6171
35	16.3049	19.5365	21.9811	25.2127	27.6573	30.1019	32.5465	35.7781
40	15.5712	18.6574	20.9920	24.0782	26.4128	28.7474	31.0820	34.1682
45	14.9221	17.8797	20.1170	23.0745	25.3118	27.5491	29.7864	32.7440
50	14.3428	17.1855	19.3360	22.1787	24.3291	26.4796	28.6300	31.4727
55	13.8217	16.5612	18.6335	21.3729	23.4453	25.5176	27.5899	30.3293
60	13.3499	15.9958	17.9974	20.6433	22.6449	24.6464	26.6480	29.2939
65	12.9201	15.4808	17.4179	19.9787	21.9158	23.8529	25.7900	28.3508
70	12.5265	15.0092	16.8873	19.3701	21.2482	23.1263	25.0044	27.4871
75	12.1644	14.5753	16.3992	18.8101	20.6340	22.4578	24.2816	26.6926
80	11.8298	14.1745	15.9482	18.2928	20.0665	21.8401	23.6138	25.9585
85	11.5196	13.8027	15.5299	17.8130	19.5402	21.2673	22.9945	25.2776
90	11.2308	13.4568	15.1406	17.3665	19.0504	20.7342	22.4181	24.6440
95	10.9612	13.1338	14.7772	16.9497	18.5931	20.2366	21.8800	24.0525
100	10.7089	12.8313	14.4369	16.5594	18.1650	19.7706	21.3762	23.4987
105	10.4719	12.5474	14.1175	16.1930	17.7631	19.3331	20.9032	22.9787
110	10.2489	12.2802	13.8169	15.8482	17.3848	18.9215	20.4581	22.4894
115	10.0386	12.0282	13.5333	15.5230	17.0281	18.5332	20.0383	22.0279
120	9.8398	11.7900	13.2653	15.2156	16.6909	18.1662	19.6415	21.5917
125	9.6515	11.5645	13.0115	14.9244	16.3715	17.8186	19.2656	21.1786
130	9.4729	11.3504	12.7707	14.6482	16.0685	17.4888	18.9091	20.7866

135	9.3031	11.1470	12.5418	14.3857	15.7805	17.1753	18.5702	20.4140
140	9.1415	10.9533	12.3239	14.1358	15.5064	16.8770	18.2476	20.0594
145	8.9874	10.7687	12.1162	13.8975	15.2450	16.5925	17.9400	19.7213
150	8.8403	10.5925	11.9179	13.6701	14.9955	16.3209	17.6464	19.3985
155	8.6997	10.4240	11.7283	13.4526	14.7570	16.0613	17.3657	19.0900
160	8.5651	10.2627	11.5469	13.2445	14.5286	15.8128	17.0970	18.7946
165	8.4361	10.1081	11.3730	13.0450	14.3098	15.5747	16.8395	18.5115
170	8.3124	9.9598	11.2061	12.8536	14.0999	15.3462	16.5925	18.2400
175	8.1935	9.8174	11.0459	12.6698	13.8983	15.1267	16.3552	17.9791
180	8.0792	9.6805	10.8918	12.4931	13.7044	14.9158	16.1271	17.7284

Fuente: Elaboración propia

De la tabla #11, en un periodo de retorno de 10 años, con un tiempo de concentración de 16.682 minutos calculado previamente por el método de kirpich, se obtuvo una intensidad máxima de 27.1287 mm/h, que es muy similar al obtenido bajo el método de las curvas IDF.

Para el cálculo de precipitación máxima se empleó la siguiente expresión:

$$P_{24} = E_g * (1 + k * \text{Log}_{10}(T))$$

Tabla 12: Precipitaciones máximas según periodo de retorno

Pp 24 horas	Período de Retorno (T) en años							
	2	5	10	25	50	100	200	500
	37.056	44.400	49.956	57.300	62.856	68.412	73.968	81.312

Fuente: Elaboración propia.

La tabla #12 representa el coeficiente de precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas, este dato se empleó para la fórmula de caudales máximos Mac-Math.

Tabla 13: Método racional para un tiempo de concentración de 10 minutos

Período de retorno (años)	Periodo de retorno (Años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Intensidad de lluvia (mm/hr) - (I)	32.2294	36.8022	40.6876	46.4605	51.3657	56.7888	62.7844	71.6924
Área de la Cuenca, (km ²) - (A)	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439
Factor de Escorrentía (°C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m³/s	19.2548	23.1915	26.9720	32.7000	37.8339	44.1521	49.8412	58.6730

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Método racional para un tiempo de concentración de 16.682 minutos según IILA-SENAMHI-UNI

	Periodo de retorno (Años)							
Periodo de retorno (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Intensidad de lluvia (mm/hr) - (I)	20.1232	24.1116	27.1287	31.1171	34.1342	37.1514	40.1685	44.1569
Área de la Cuenca, (km ²) - (A)	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439
Factor de Escorrentía ('C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m³/s	12.0222	15.1944	17.9837	21.9009	25.1419	28.8844	31.8876	36.1379

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Cálculo de caudal por método Mac-Math

	Periodo de retorno (Años)							
Periodo de retorno (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Precipitación Máxima 24 Horas - (P)	37.0558	44.4002	49.9561	57.3005	62.8563	68.4121	73.9680	81.3124
Área de la Cuenca, (Hectáreas) - (A)	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880
Pendiente del cauce Principal: S (m/km)	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284
Factor de Escorrentía (C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m³/s	1.0045	1.2695	1.5026	1.8299	2.1006	2.4133	2.6643	3.0194

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de alcantarilla

De los encontrados se empleó el de Mac-Math debido a que se ajusta más a la realidad del estudio.

Datos:

$$Q = 1.50256 \text{ m}^3$$

$$b = 1.00$$

$$n = 0.014$$

$$s = 0.021$$

$$z = 0$$

Debido al tipo de alcantarilla tipo cajón, el talud es nulo, el ancho de solera es de 1.00m, el coeficiente de rugosidad es para un concreto revestido y la pendiente calculada de la zona en estudio.

El tirante ha sido calculado mediante tabulación por la siguiente expresión:

$$Y_o = \frac{\left[\frac{Q * n}{S^{0.5}} * (b + 2y)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{5}}}{b}$$

$$Y_o = 0.40 \text{ m}$$

$$A = 2Y_o + b$$

$$\therefore A = 0.40 \text{ m}^2$$

$$P = 1.80 \text{ m}$$

La velocidad propuesta se determinó bajo la ecuación de manning.

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

$$R = \frac{b * y}{b + 2y}$$

Obteniendo:

$$R = 0.2222 \text{ m}$$

$$V = 3.7976 \text{ m/s}$$

Por ecuación de continuidad se obtuvo:

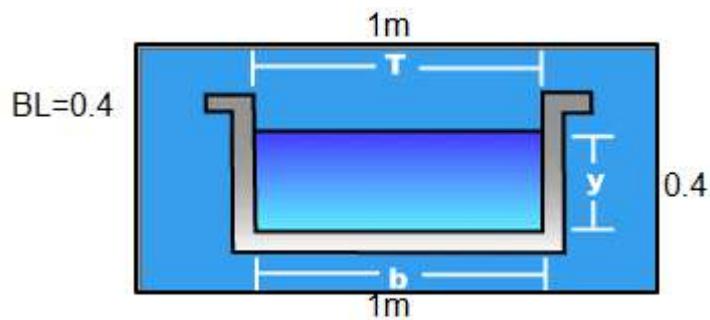
$$Q = V \times A$$

$$Q = 3.7976 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.40 \text{ m}^2$$

$$Q = 1.5190 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este caudal de diseño es mayor al caudal de aporte para un periodo de retorno de 10 años, por lo tanto, se acepta las dimensiones propuestas.

Ilustración 3: Predimensionamiento de alcantarilla tipo cajón



Fuente: Elaboración propia.

Se contrastó las dimensiones bajo el programa de Hcanales.

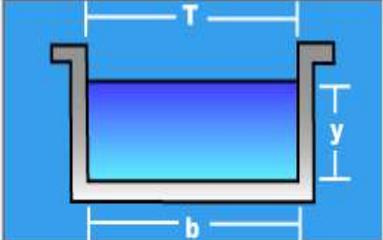
Ilustración 4: Predimensionamiento en Hcanales

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	<input type="text" value="Independencia"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Propuesta de diseño de alca"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="1.5026"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.00"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.021"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3968"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.7937"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.3968"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2212"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.0000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="3.7864"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.9191"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.1276"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de diseño de alcantarillado pluvial

Contenido 8: Precipitaciones máximas por periodo de retorno por factor de ajuste propuesto

NOMBRE CUENCA: SANTA			
ESTACIÓN: RECUAY			
DISTRIBUCIÓN TEORICA ELEGIDA: GUMBEL		HYDROGNOMOM	
Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste	2.00	<i>Número de observaciones por día =</i> 1	
Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	28.906	57.812	0.500000
5	36.069	72.138	0.800000
10	40.812	81.623	0.900000
25	46.804	93.608	0.960000
50	51.249	102.499	0.980000
100	55.662	111.324	0.990000
200	60.059	120.117	0.995000
500	65.859	131.718	0.998000
1000	70.243	140.485	0.999000
10000	84.798	169.595	0.999900

Fuente: Elaboración propia

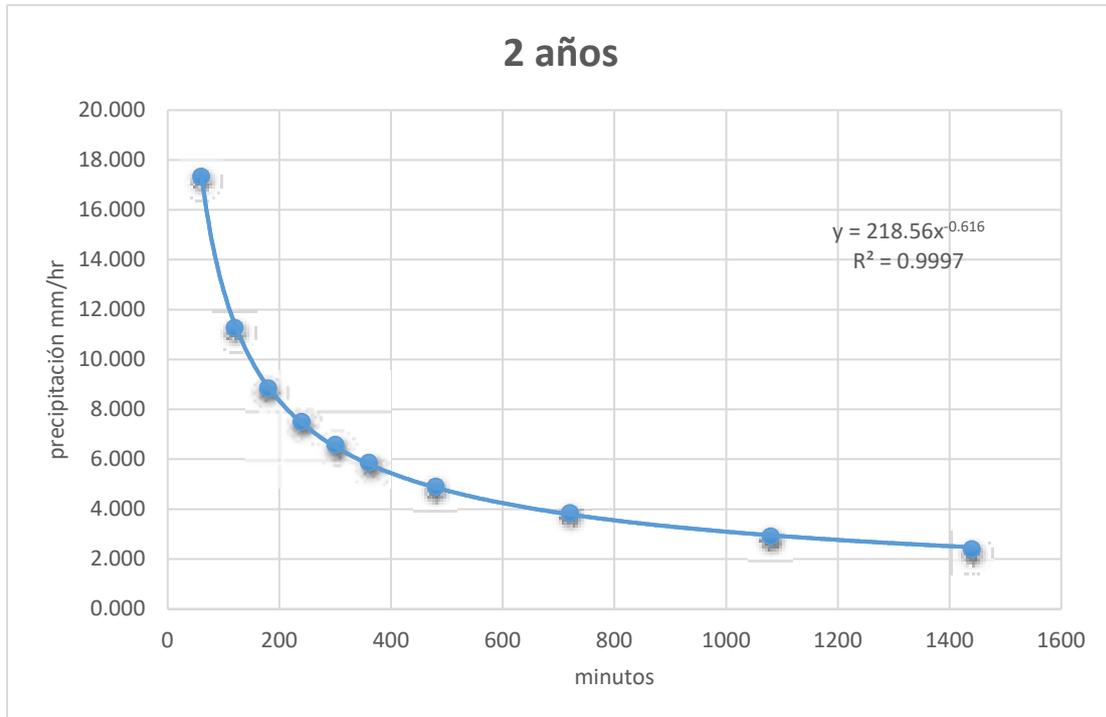
Del contenido #07, ya empleados los datos estadísticos por el método de Gumbel se aplicó el registro en el programa Hydrognomon que arrojó las precipitaciones máximas en milímetros para periodos de retorno ya establecidos, La propuesta se presentó debido a las nuevas condicionantes climáticas que se presentan en la actualidad siendo el cambio climático el motivo de presentar un factor de ajuste de 2.00, se producirán valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales, bajo este criterio se desarrolló el producto de las precipitaciones obtenidas por el factor de ajuste, donde se obtuvieron nuevos resultados que corregían las precipitaciones calculadas.

Los registros que se emplearon fueron desde 2 hasta 500 años.

Interpretación: Mediante el empleo de la teoría de Gumbel para un periodo de retorno de 2 años se obtuvo una precipitación máxima de 28.906 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 57.812 mm, para un periodo de retorno de 5 años se obtuvo una precipitación máxima de 36.069 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 72.138 mm, para un periodo de retorno de 10 años se obtuvo una precipitación máxima de 40.812 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 81.623 mm, para un periodo de retorno de 25 años se obtuvo una precipitación máxima de 46.804 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 93.608 mm, para un periodo de retorno de 50 años se obtuvo una precipitación máxima de 51.249 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 102.499 mm, para un periodo de retorno de 100 años se obtuvo una precipitación máxima de 55.662 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 111.324 mm, para un periodo de retorno de 200 años se obtuvo una precipitación máxima de 60.059 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 120.117 mm, para un periodo de retorno de 500 años se obtuvo una precipitación máxima de 65.859 mm, aplicando el factor de corrección se estaría esperando una precipitación final de 131.718 mm. Estas precipitaciones obtenidas son por día.

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

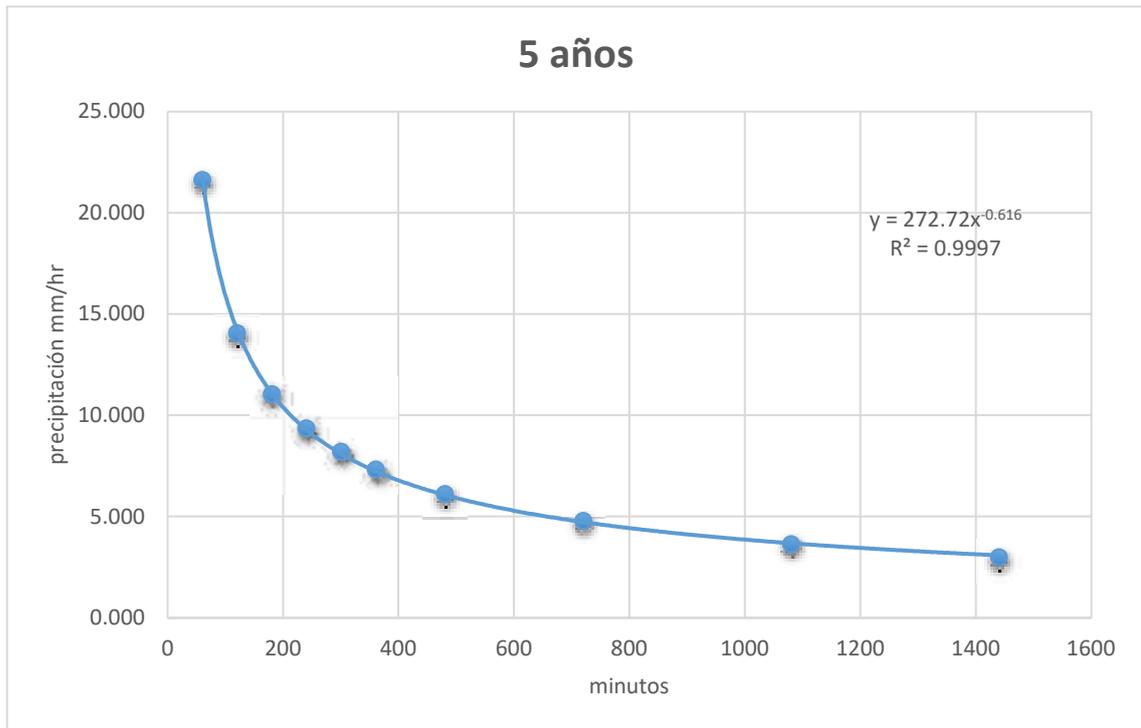
Gráfico 21: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 2 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #21 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 2 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 17.344mm, para 120 minutos una intensidad de 11.273mm, para 180 minutos una intensidad de 8.865mm, para 240 minutos una intensidad de 7.516mm, para 300 minutos una intensidad de 6.591mm, para 360 minutos una intensidad de 5.878mm, para 480 minutos una intensidad de 4.914mm, para 720 minutos una intensidad de 3.854mm, para 1080 minutos una intensidad de 2.923mm, para 1440 minutos una intensidad de 2.409mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

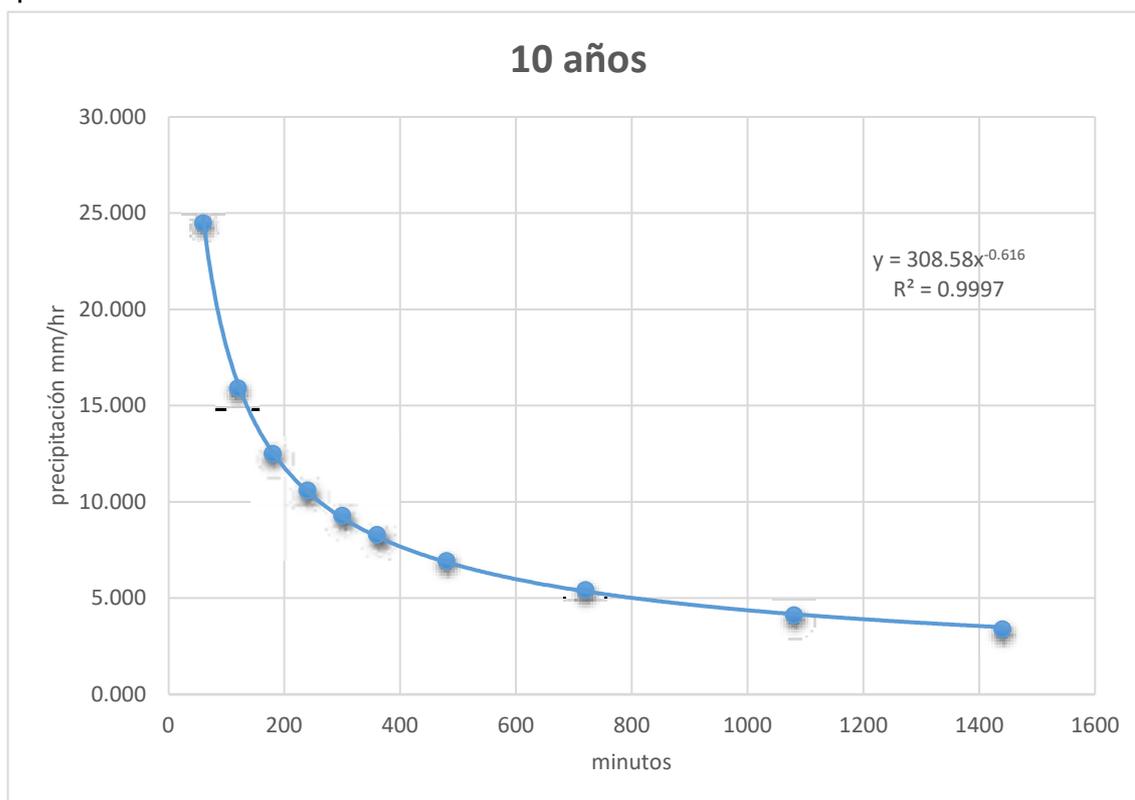
Gráfico 22: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 5 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #22 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 5 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 21.641mm, para 120 minutos una intensidad de 14.067mm, para 180 minutos una intensidad de 11.611mm, para 240 minutos una intensidad de 9.378mm, para 300 minutos una intensidad de 8.224mm, para 360 minutos una intensidad de 7.334mm, para 480 minutos una intensidad de 6.132mm, para 720 minutos una intensidad de 4.809mm, para 1080 minutos una intensidad de 3.647mm, para 1440 minutos una intensidad de 3.006mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

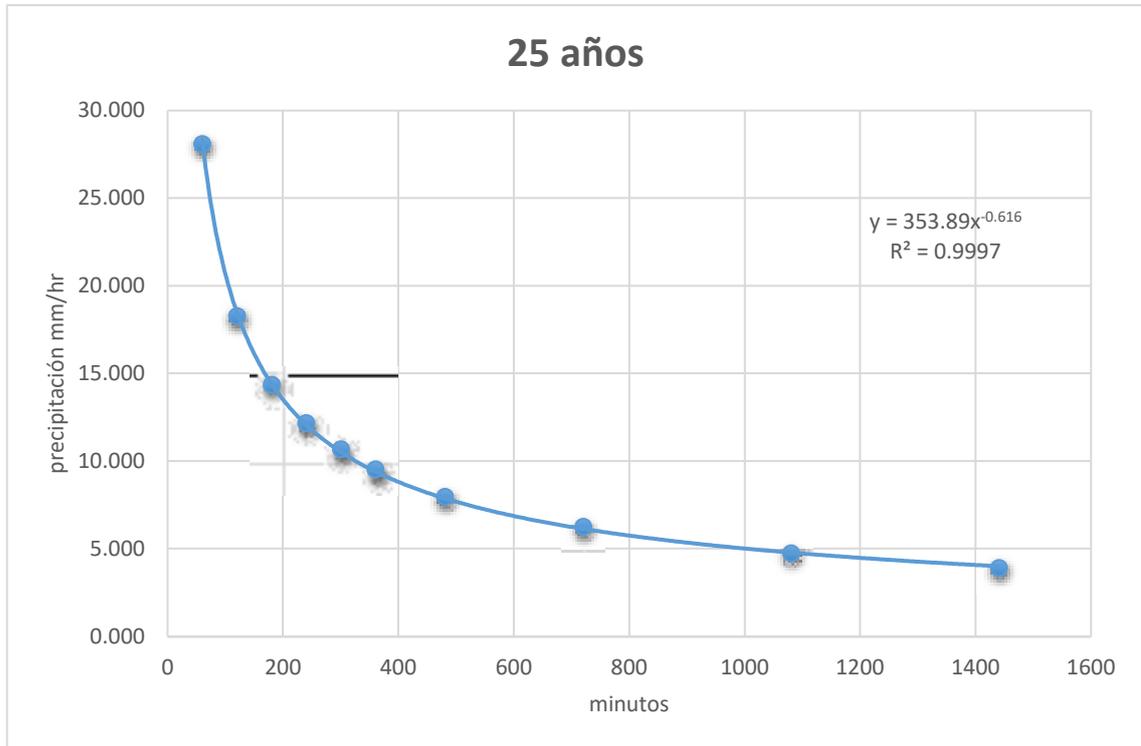
Gráfico 23: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 10 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #23 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 10 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 24.487mm, para 120 minutos una intensidad de 15.917mm, para 180 minutos una intensidad de 12.516mm, para 240 minutos una intensidad de 10.611mm, para 300 minutos una intensidad de 9.305mm, para 360 minutos una intensidad de 8.298mm, para 480 minutos una intensidad de 6.938mm, para 720 minutos una intensidad de 5.442mm, para 1080 minutos una intensidad de 4.127mm, para 1440 minutos una intensidad de 3.401mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

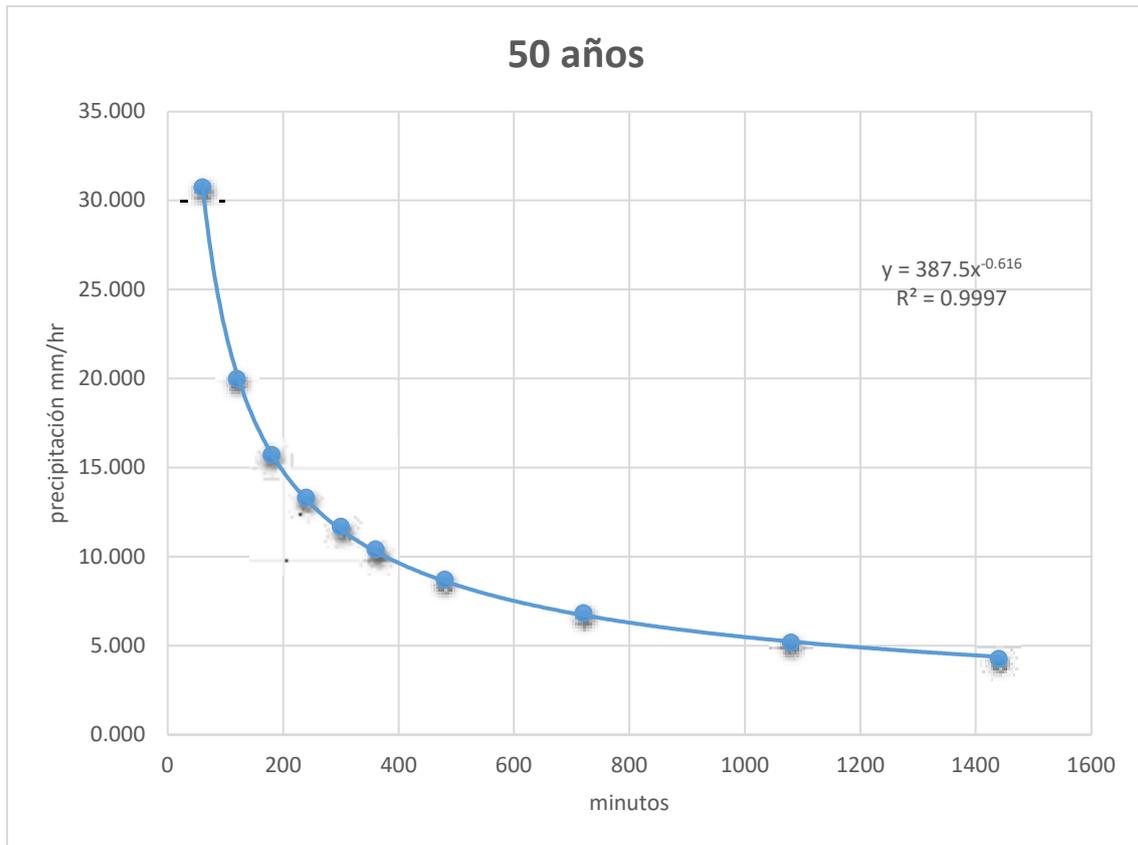
Gráfico 24: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 25 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #24 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 25 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 28.082mm, para 120 minutos una intensidad de 18.254mm, para 180 minutos una intensidad de 14.353mm, para 240 minutos una intensidad de 12.169mm, para 300 minutos una intensidad de 10.671mm, para 360 minutos una intensidad de 9.517mm, para 480 minutos una intensidad de 7.957mm, para 720 minutos una intensidad de 6.241mm, para 1080 minutos una intensidad de 4.732mm, para 1440 minutos una intensidad de 3.900mm. Siendo "Y" la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

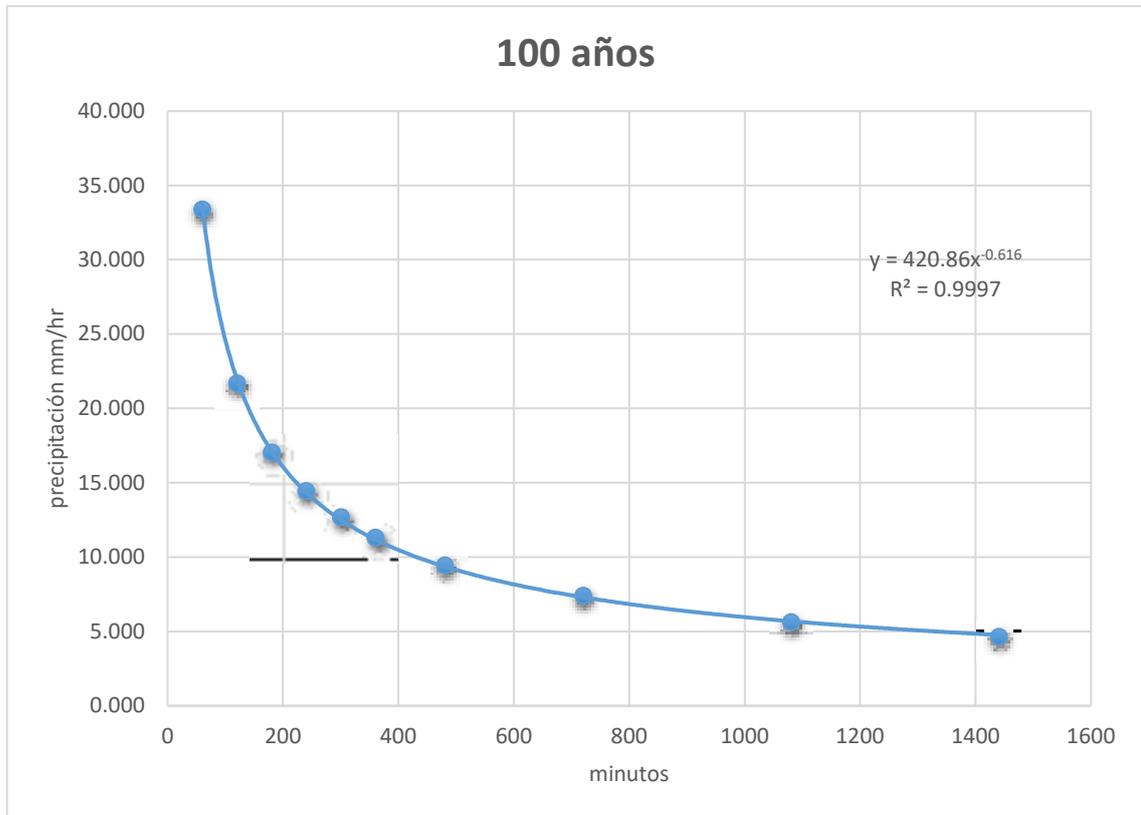
Gráfico 25: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 50 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #25 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 50 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 30.750mm, para 120 minutos una intensidad de 19.987mm, para 180 minutos una intensidad de 15.716mm, para 240 minutos una intensidad de 13.325mm, para 300 minutos una intensidad de 11.685mm, para 360 minutos una intensidad de 10.421mm, para 480 minutos una intensidad de 8.712mm, para 720 minutos una intensidad de 6.833mm, para 1080 minutos una intensidad de 5.182mm, para 1440 minutos una intensidad de 4.271mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

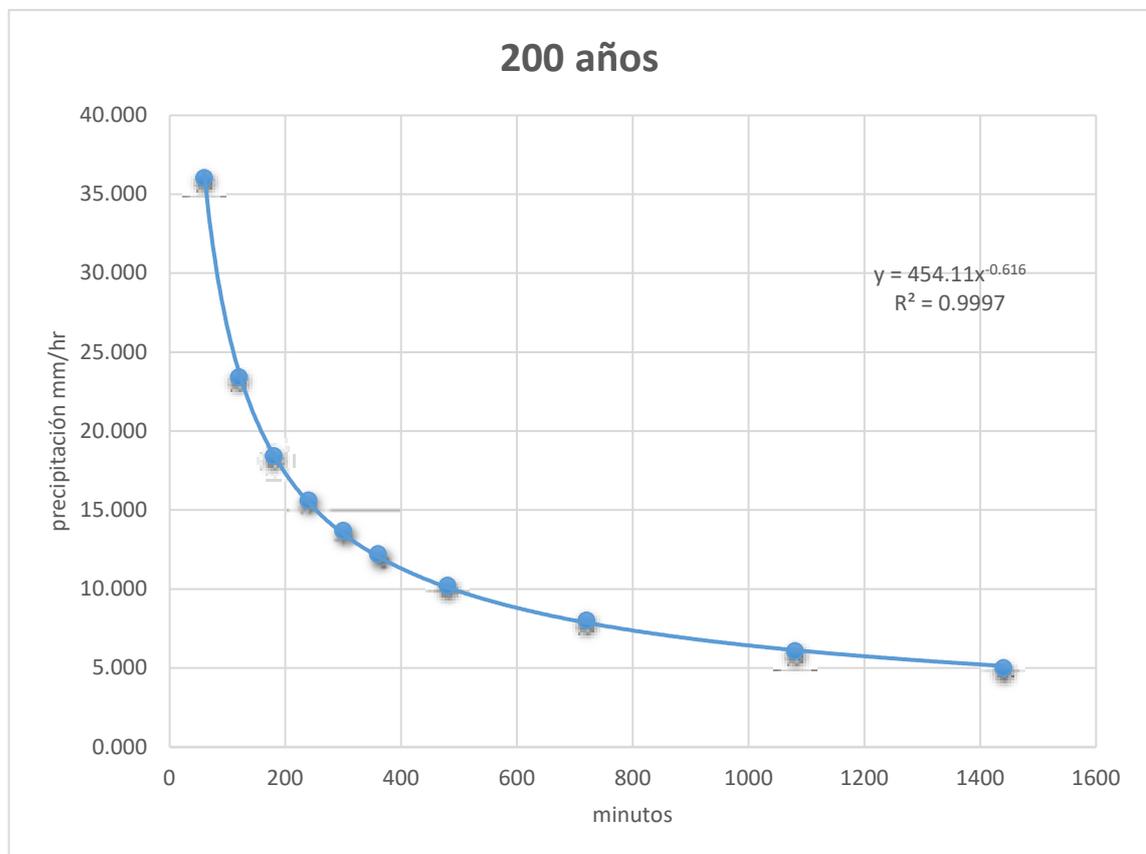
Gráfico 26: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 100 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #26 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 100 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 33.397mm, para 120 minutos una intensidad de 21.708mm, para 180 minutos una intensidad de 17.070mm, para 240 minutos una intensidad de 14.472mm, para 300 minutos una intensidad de 12.691mm, para 360 minutos una intensidad de 11.318mm, para 480 minutos una intensidad de 9.463mm, para 720 minutos una intensidad de 7.422mm, para 1080 minutos una intensidad de 5.628mm, para 1440 minutos una intensidad de 4.639mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

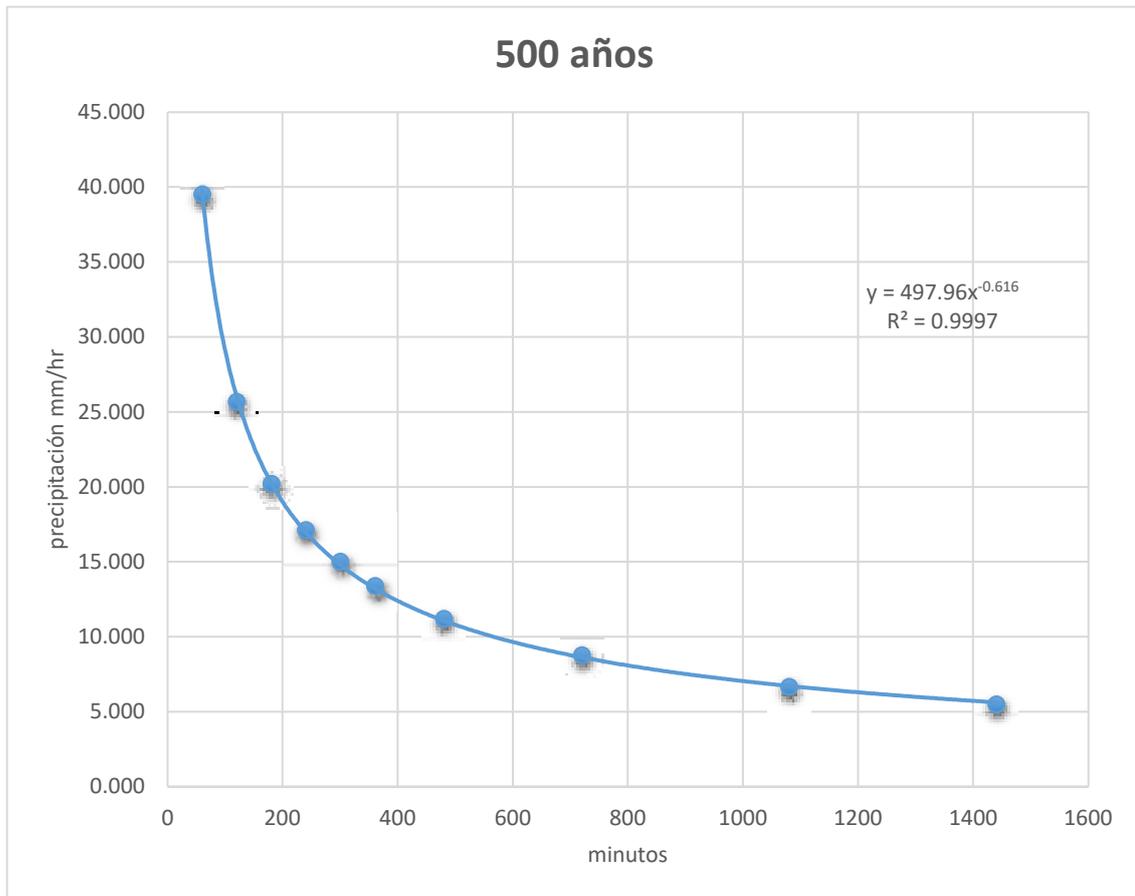
Gráfico 27: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 200 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #27 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 200 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 36.035mm, para 120 minutos una intensidad de 23.423mm, para 180 minutos una intensidad de 18.418mm, para 240 minutos una intensidad de 15.615mm, para 300 minutos una intensidad de 13.693mm, para 360 minutos una intensidad de 12.212mm, para 480 minutos una intensidad de 10.210mm, para 720 minutos una intensidad de 8.008mm, para 1080 minutos una intensidad de 6.073mm, para 1440 minutos una intensidad de 5.005mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

Gráfico 28: Gráfico de dispersión para un periodo de retorno de 500 años - propuesta

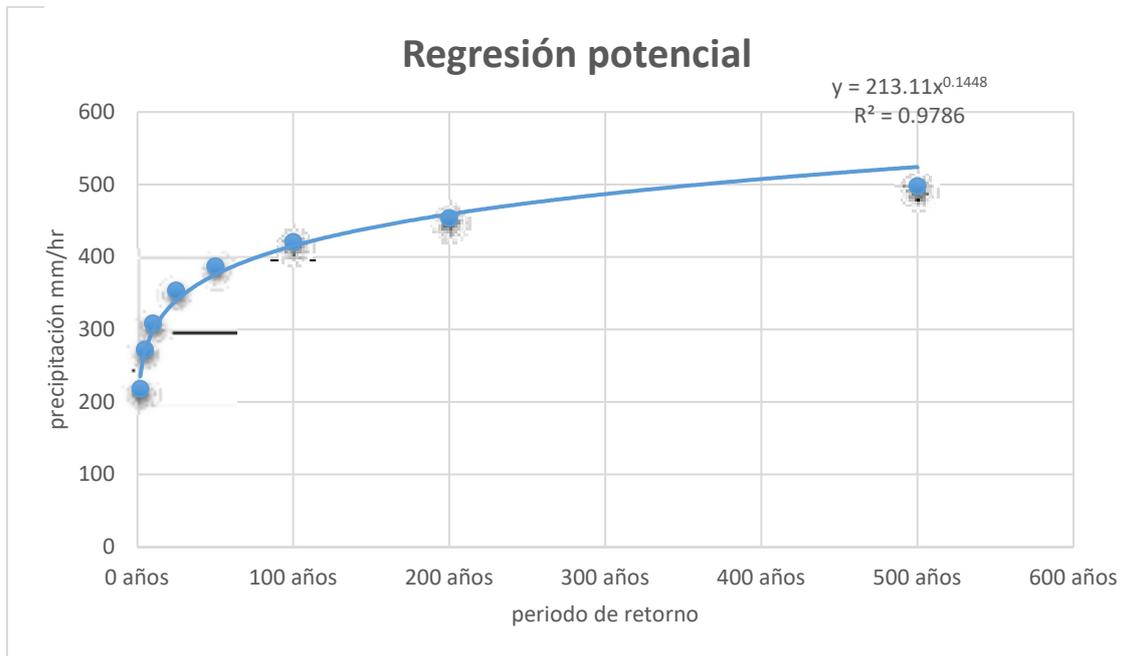


Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #28 se aprecia la regresión de datos que representa las intensidades en minutos para un periodo de retorno de 500 años, para 60 minutos tenemos una intensidad de lluvia de 39.515mm, para 120 minutos una intensidad de 25.685mm, para 180 minutos una intensidad de 20.197mm, para 240 minutos una intensidad de 17.123mm, para 300 minutos una intensidad de 15.016mm, para 360 minutos una intensidad de 13.391mm, para 480 minutos una intensidad de 11.196mm, para 720 minutos una intensidad de 8.781mm, para 1080 minutos una intensidad de 6.659mm, para 1440 minutos una intensidad de 5.488mm. Siendo “Y” la ecuación que rige la correlación entre intensidad y duración, del coeficiente de regresión y el exponente de regresión.

Del resumen de aplicar la regresión potencial a todos los periodos de retorno.

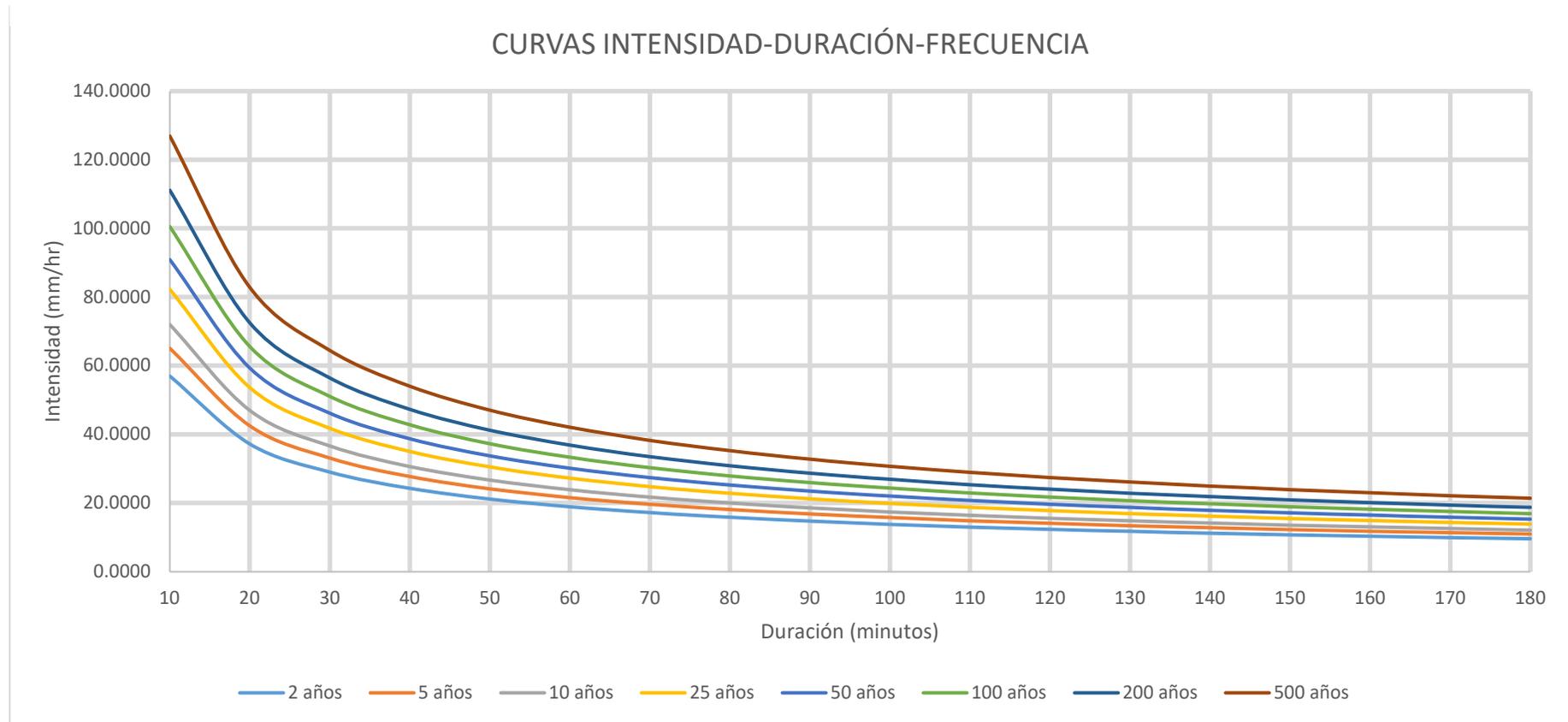
Gráfico 29: Regresión potencial de todos los periodos de retorno - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #29 se aprecia el resultado de todas las expresiones de precipitaciones en todos los periodos de retorno. Con estos datos de regresión se procederá a determinar la intensidad.

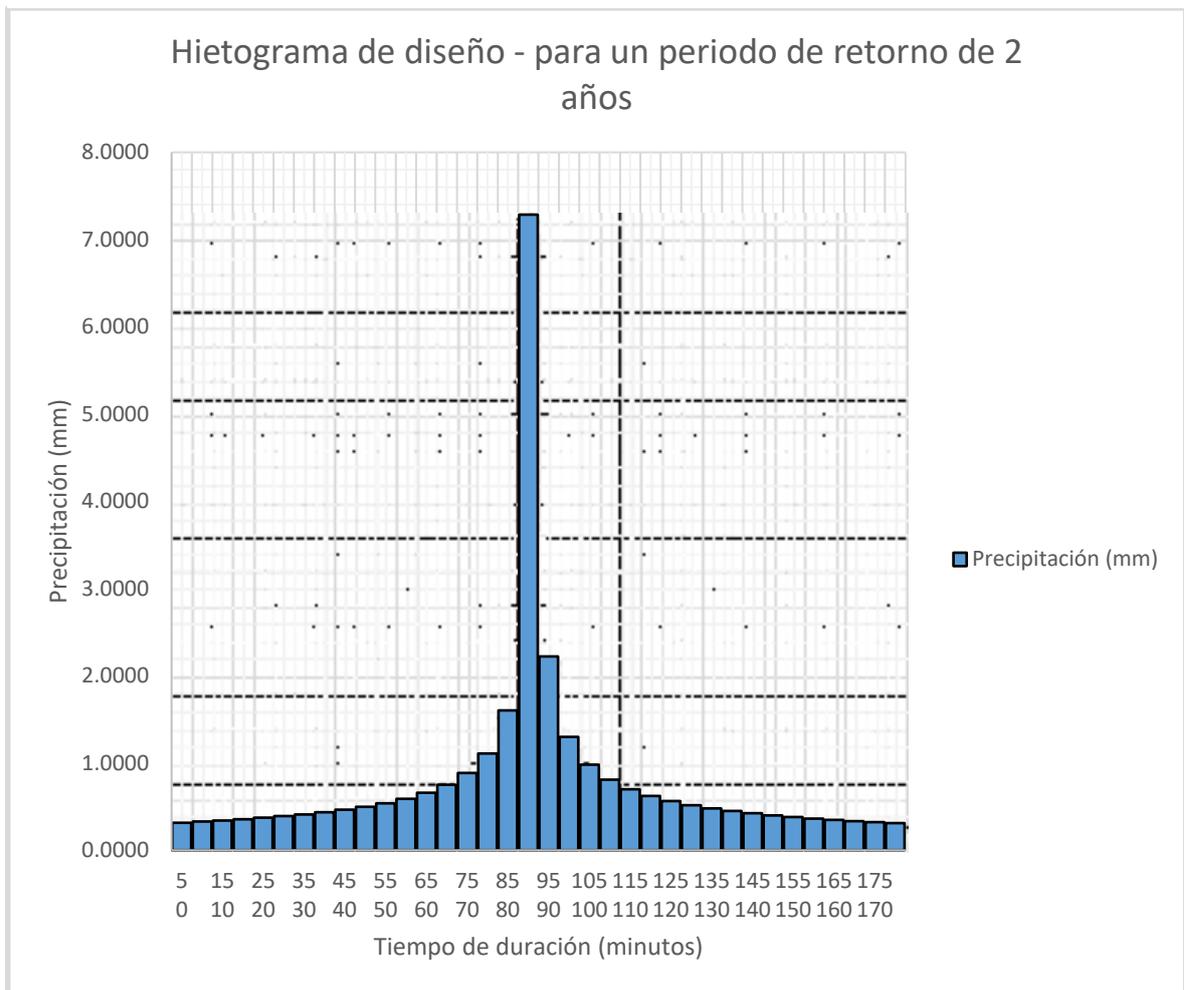
Gráfico 30: Gráfico de curvas intensidad-duración-frecuencia IDF - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Interpretación del gráfico #30, es el resumen de diseño que relaciona la intensidad de la lluvia con la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar o probabilidad de ocurrencia.

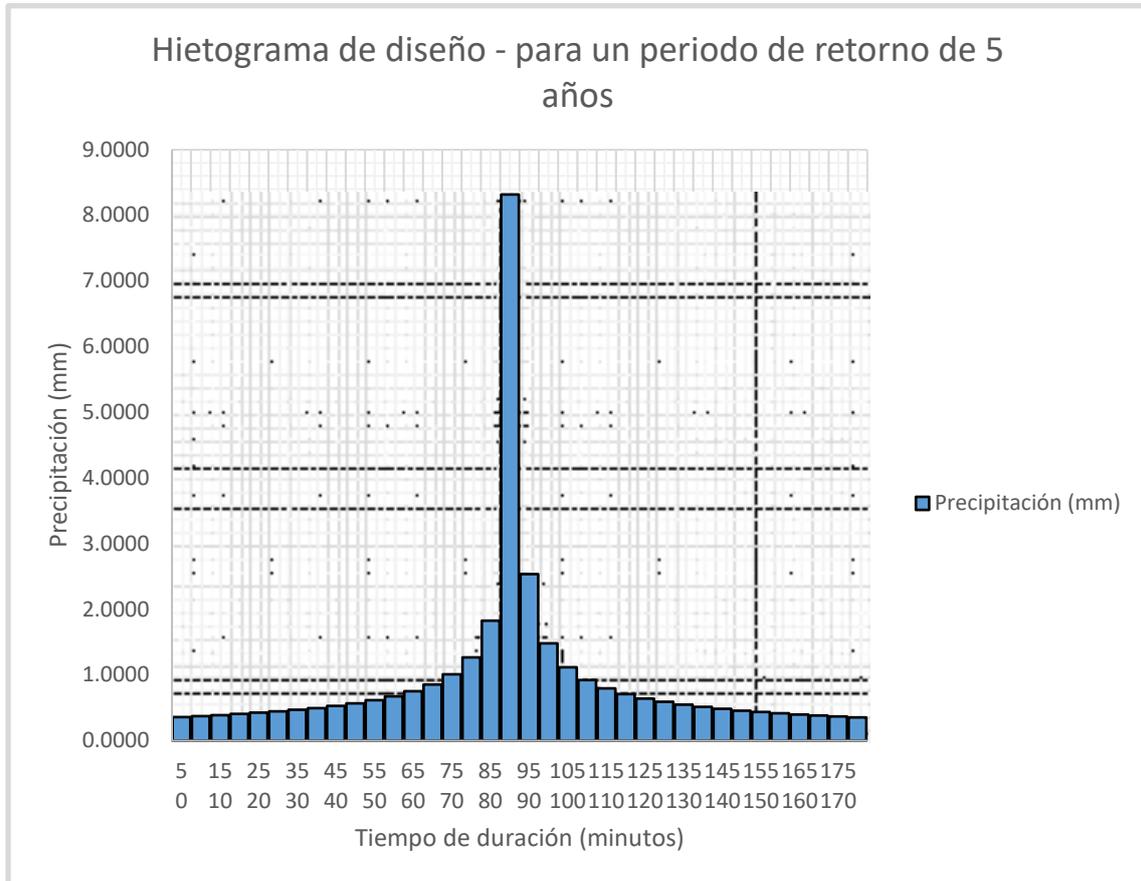
Gráfico 31: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #31 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 7.2853mm.

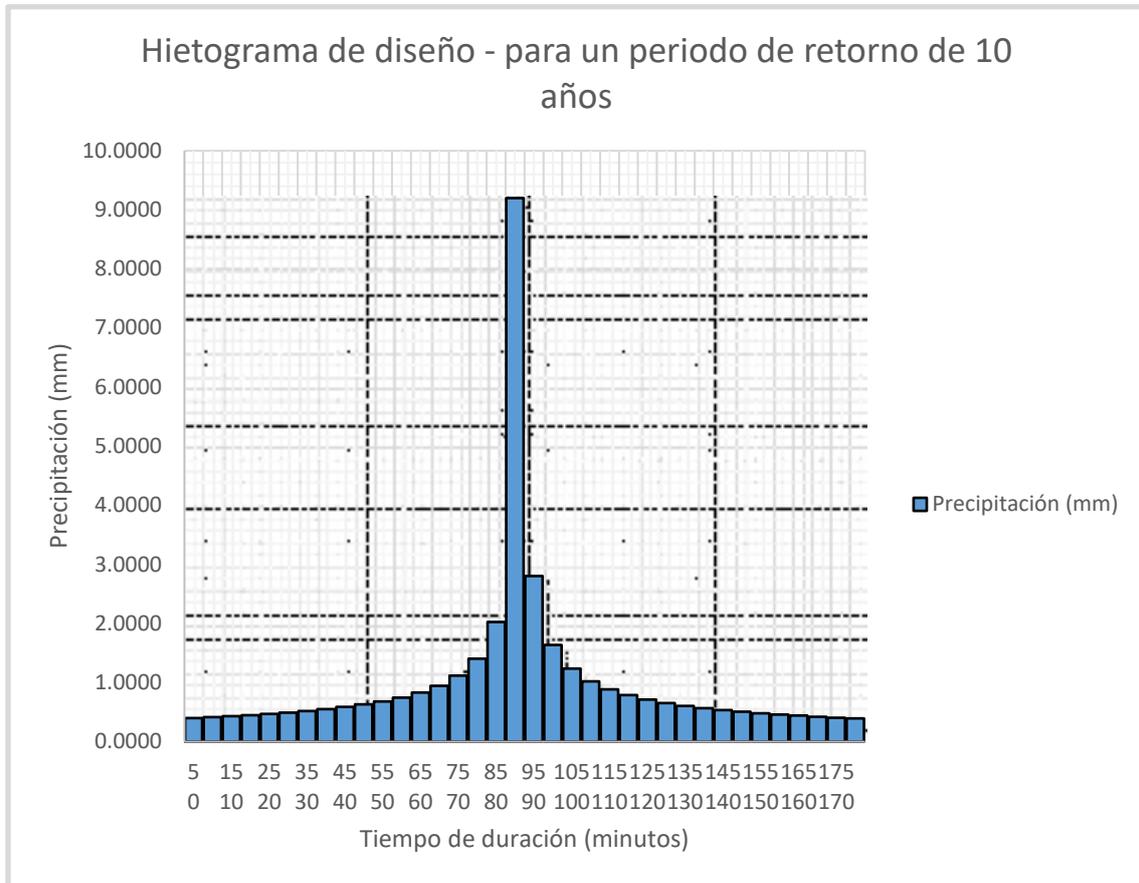
Gráfico 32: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #32 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 8.3139mm.

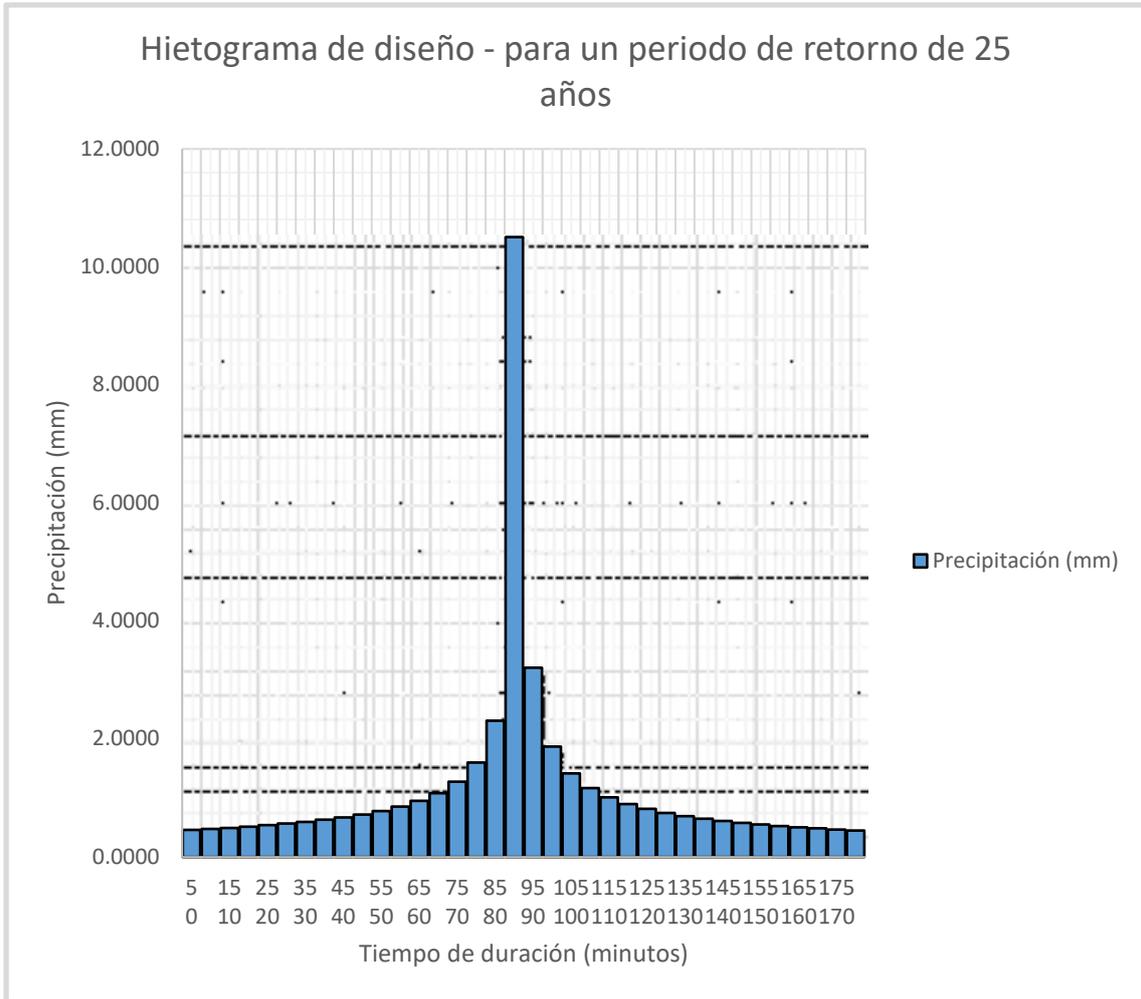
Gráfico 33: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #33 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 9.1972mm.

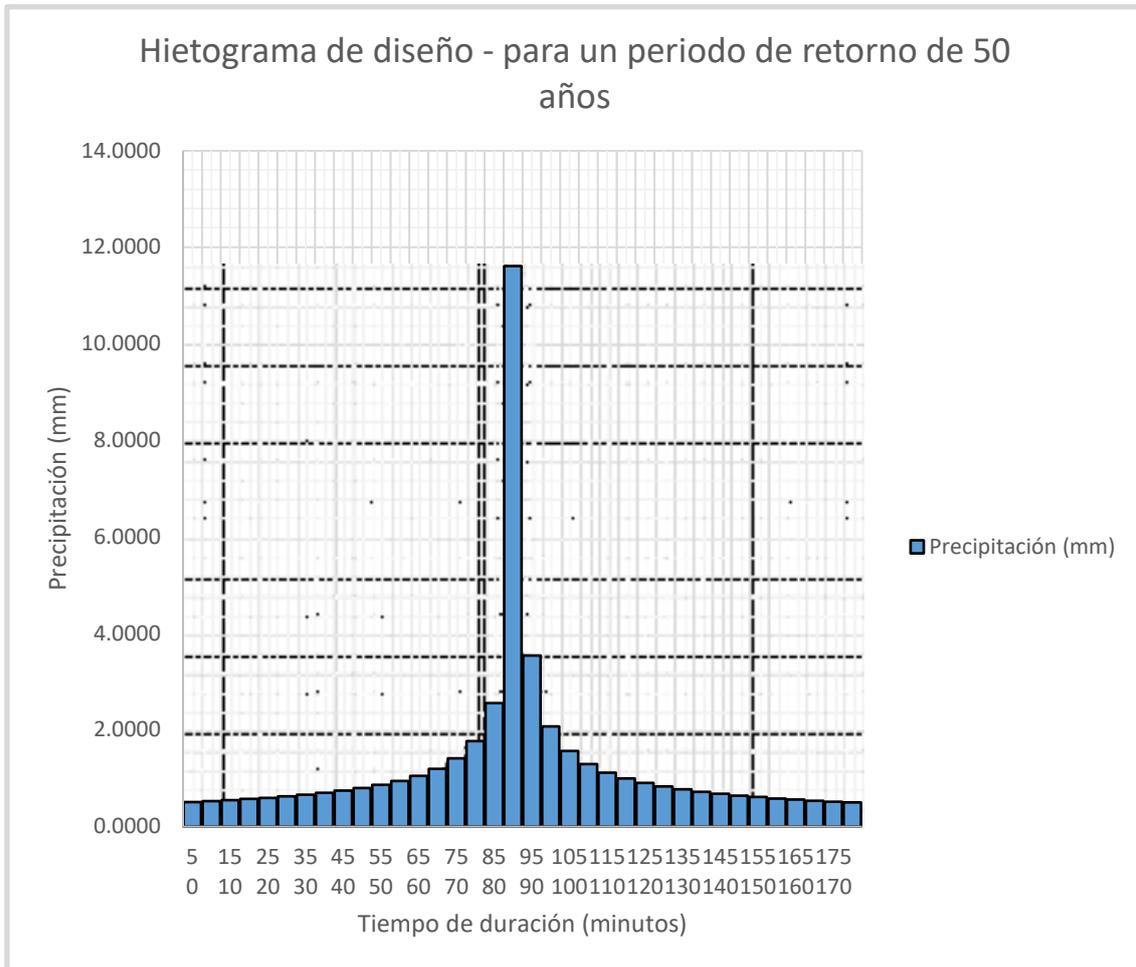
Gráfico 34: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #34 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 10.5022mm.

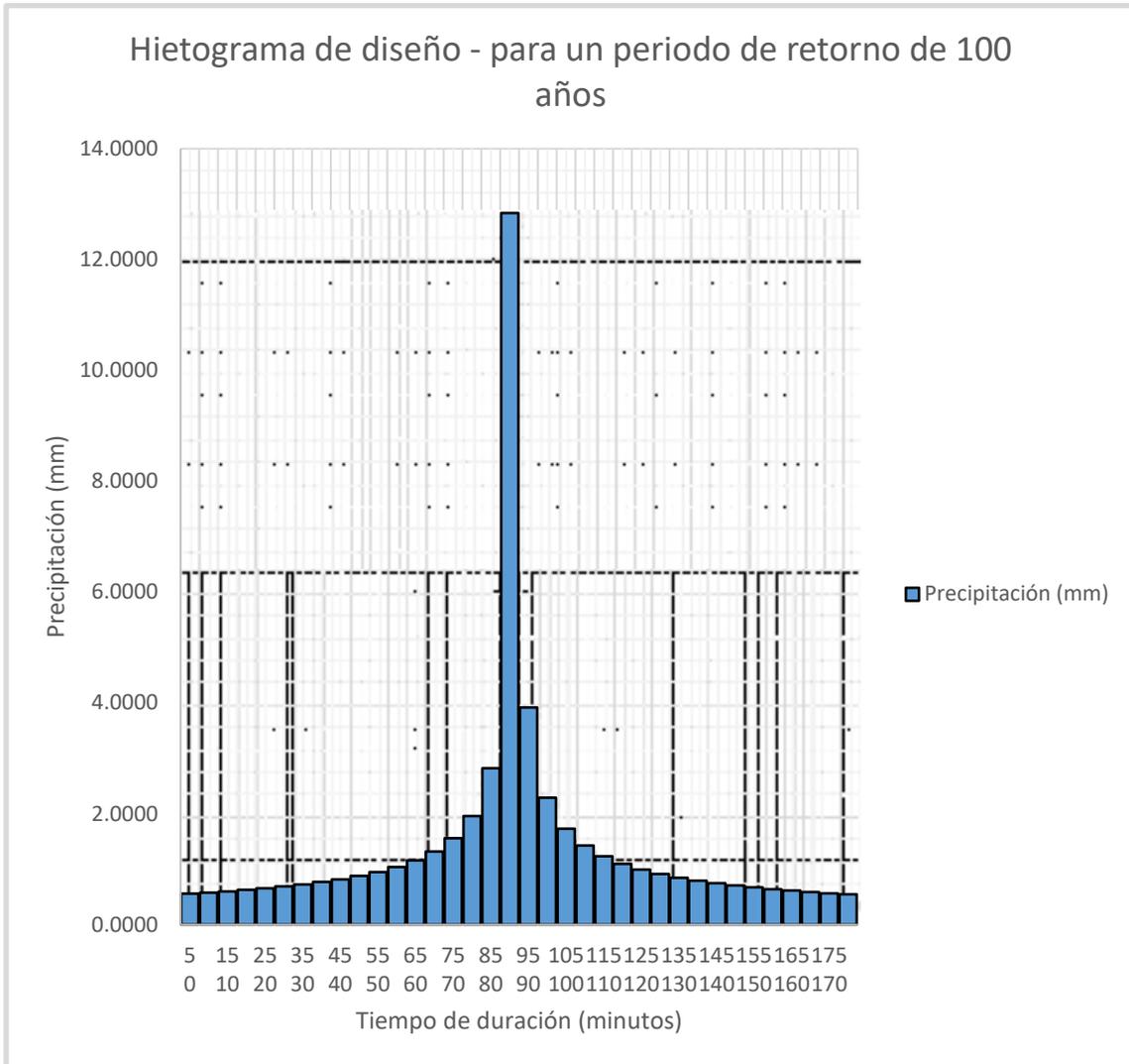
Gráfico 35: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #35 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 11.6110mm.

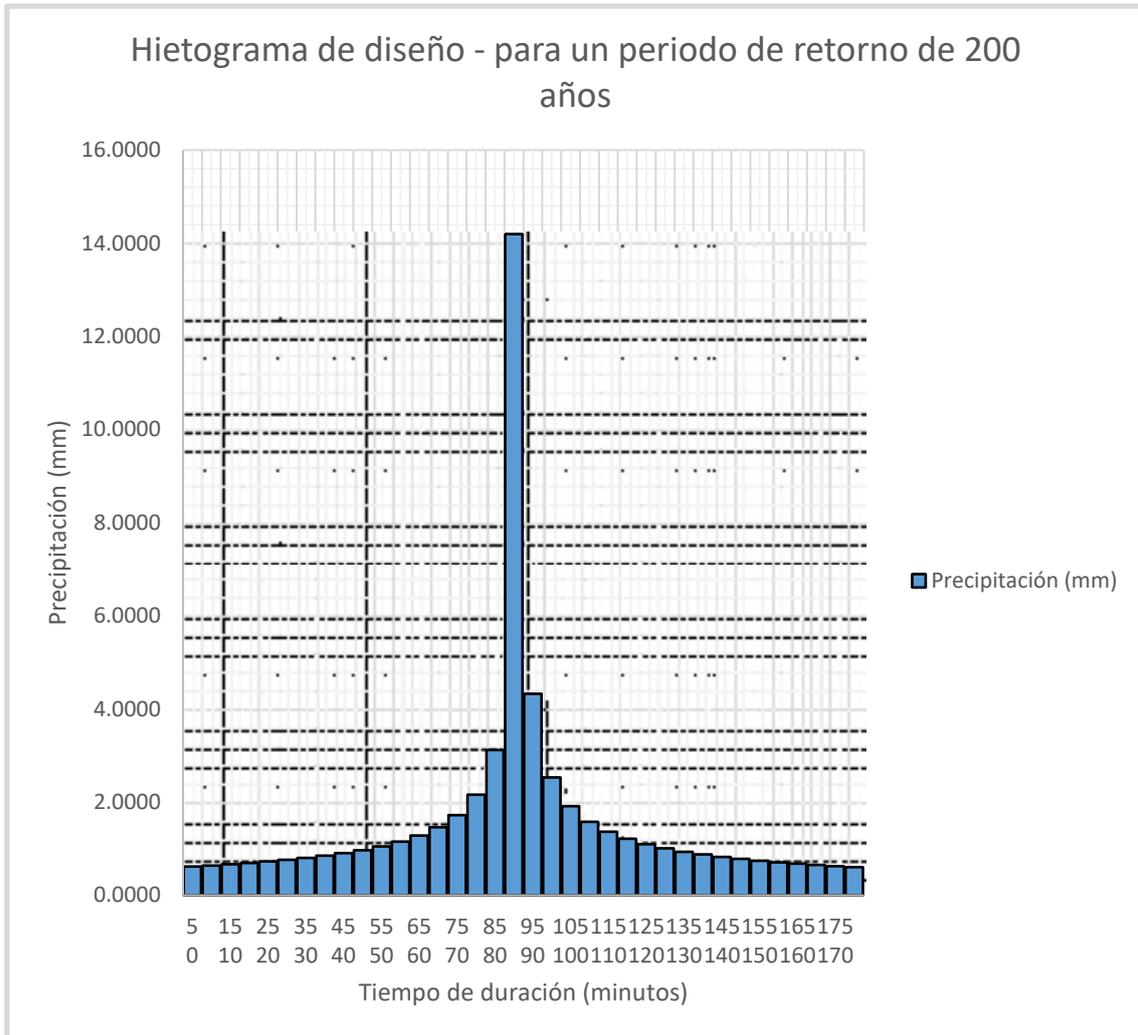
Gráfico 36: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #36 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 12.8368mm.

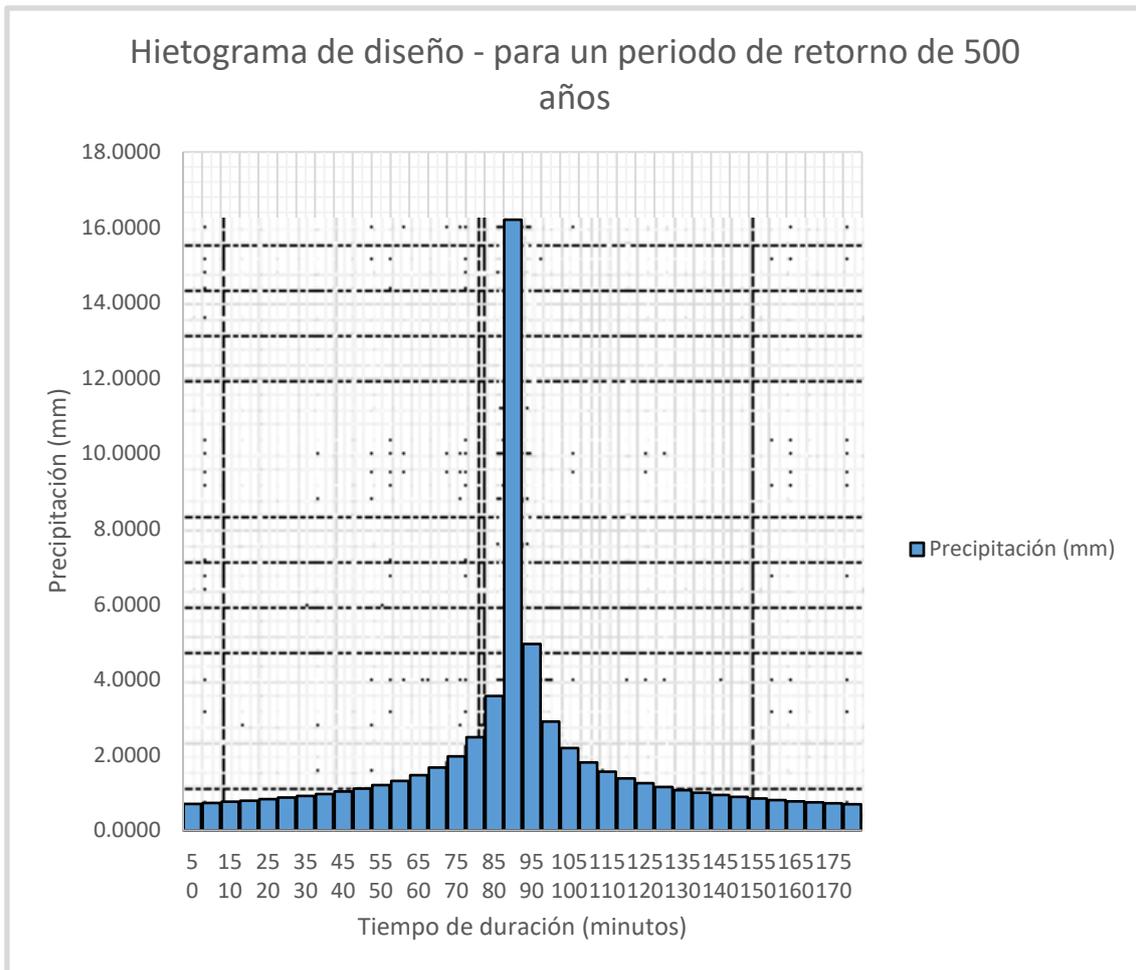
Gráfico 37: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #37 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 14.1921mm.

Gráfico 38: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años - propuesta



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico #38 se interpreta que el pico máximo de precipitación en un tiempo máximo de 180 minutos se encuentra en el intervalo de tiempo de 85-90 siendo una precipitación de 16.2057mm.

Cálculos-propuesta

Selección del periodo de retorno, está en rigor bajo la ecuación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

n = Vida útil en años

T = Periodo de retorno

R = Riesgo de falla admisible

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{25}$$

$$R = 93.00 \%$$

Intensidad de lluvia mediante el método de Kirpich

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida en metros

S = Pendiente promedio de la cuenca

De los parámetros geomorfológicos se obtuvieron:

Longitud = 9396.544 m

Pendiente = 2.128 m/m

$$t_c = 0.01947 * 9396.544 * 2.128^{-0.385}$$

$$t_c = 16.682 \text{ minutos}$$

Intensidad en un periodo de retorno de 10 años, bajo el criterio de IDF

$$I = (K * T^m) / t^n$$

Donde:

I = Intensidad máxima

K,m,n = Factores característicos de la zona de estudio

T = Periodo de retorno

t = Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración

$$I = (213.11 * 10^{0.1448}) / 16.682^{0.616}$$

$$I = 52.541 \text{ mm/hr}$$

Cálculo de intensidad mediante la fórmula IILA-SENAMHI-UNI modificada.

$$i = a * (1 + K * \text{Log}_{10}(T)) * (t + b)^{n-1}$$

La zona en estudio se encuentra en la división 5ª, subdivisión 8

$$5^a = K'g = 11 * Eg^{-0.85}$$

$$5^{a8} = Eg = 24 + 0.0025 Y$$

Donde:

Y = Altura promedio en m.

Según tabla:

$$n = 0.303$$

$$b = 0.400$$

$$tg = 3$$

$$Eg = 24 + 0.0025 (3000)$$

$$Eg = 31.500$$

$$K'g = 11 * 31.500^{-0.85}$$

$$K'g = 0.586$$

$$a = \left(\frac{1}{tg}\right)^n * Eg$$

$$a = \left(\frac{1}{3}\right)^n * 31.500$$

$$a = 22.581 \text{ mm}$$

Tabla 16: Intensidades maximas según método IILA-SENAMHI-UNI - propuesta

Intensidades máximas ((mm/h) - por método IILA-SENAMHI-UNI modificada								
Duración (t)	Periodo de Retorno (T) en años							
(minutos)	2	5	10	25	50	100	200	500
5	44.0929	52.8321	59.4430	68.1821	74.7930	81.4039	88.0149	96.7540
10	39.4657	47.2877	53.2048	61.0269	66.9440	72.8612	78.7783	86.6003
15	35.8664	42.9751	48.3526	55.4613	60.8388	66.2163	71.5938	78.7025
16.682	34.8263	41.7288	46.9503	53.8528	59.0744	64.2959	69.5175	76.4200
20	32.9742	39.5096	44.4534	50.9889	55.9327	60.8766	65.8205	72.3559
25	30.5910	36.6541	41.2406	47.3037	51.8903	56.4768	61.0634	67.1265
30	28.5879	34.2539	38.5402	44.2062	48.4925	52.7787	57.0649	62.7310
35	26.8767	32.2037	36.2333	41.5602	45.5899	49.6196	53.6492	58.9762
40	25.3953	30.4286	34.2361	39.2694	43.0770	46.8845	50.6921	55.7254
45	24.0981	28.8743	32.4873	37.2635	40.8766	44.4897	48.1027	52.8789
50	22.9512	27.5001	30.9412	35.4901	38.9312	42.3723	45.8134	50.3623
55	21.9288	26.2750	29.5628	33.9091	37.1969	40.4847	43.7725	48.1187
60	21.0106	25.1748	28.3250	32.4892	35.6394	38.7895	41.9396	46.1039
65	20.1807	24.1804	27.2062	31.2059	34.2316	37.2574	40.2831	44.2828
70	19.4263	23.2766	26.1892	30.0394	32.9521	35.8647	38.7773	42.6275
75	18.7371	22.4508	25.2601	28.9737	31.7830	34.5923	37.4016	41.1152
80	18.1046	21.6929	24.4073	27.9956	30.7100	33.4245	36.1389	39.7272
85	17.5216	20.9944	23.6214	27.0942	29.7212	32.3482	34.9753	38.4480
90	16.9823	20.3482	22.8944	26.2603	28.8065	31.3526	33.8988	37.2647
95	16.4818	19.7484	22.2196	25.4862	27.9574	30.4285	32.8996	36.1663
100	16.0157	19.1900	21.5912	24.7655	27.1667	29.5680	31.9693	35.1435
105	15.5804	18.6684	21.0044	24.0924	26.4284	28.7644	31.1004	34.1884
110	15.1729	18.1801	20.4550	23.4623	25.7372	28.0120	30.2869	33.2942
115	14.7904	17.7218	19.9393	22.8708	25.0883	27.3058	29.5234	32.4548
120	14.4305	17.2906	19.4542	22.3143	24.4779	26.6415	28.8051	31.6652
125	14.0912	16.8841	18.9968	21.7897	23.9024	26.0151	28.1279	30.9207
130	13.7708	16.5001	18.5648	21.2941	23.3588	25.4235	27.4881	30.2175
135	13.4675	16.1367	18.1559	20.8252	22.8443	24.8635	26.8827	29.5520

140	13.1800	15.7922	17.7683	20.3805	22.3566	24.3327	26.3088	28.9211
145	12.9069	15.4651	17.4002	19.9584	21.8935	23.8287	25.7638	28.3220
150	12.6473	15.1540	17.0502	19.5569	21.4531	23.3493	25.2455	27.7522
155	12.4000	14.8577	16.7168	19.1745	21.0336	22.8928	24.7519	27.2096
160	12.1642	14.5751	16.3989	18.8098	20.6336	22.4574	24.2812	26.6921
165	11.9390	14.3052	16.0953	18.4615	20.2516	22.0416	23.8316	26.1979
170	11.7236	14.0472	15.8050	18.1286	19.8863	21.6441	23.4018	25.7254
175	11.5175	13.8003	15.5271	17.8099	19.5367	21.2636	22.9904	25.2732
180	11.3200	13.5637	15.2609	17.5045	19.2017	20.8990	22.5962	24.8398

Fuente: Elaboración propia

De la tabla #37, en un periodo de retorno de 10 años, con un tiempo de concentración de 16.682 minutos calculado previamente por el método de Kirpich, se obtuvo una intensidad máxima de 46.9503 mm/h.

Para el cálculo de precipitación máxima se empleó la siguiente expresión:

$$P = P_{24H} * \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Tabla 17: Precipitaciones máximas según periodo de retorno - propuesta

Pp 24 horas	Período de Retorno (T) en años							
	2	5	10	25	50	100	200	500
	53.083	60.615	67.015	76.523	84.602	93.534	103.409	118.081

Fuente: Elaboración propia.

La tabla #38 representa el coeficiente de precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas, este dato se empleó para la fórmula de caudales máximos Mac-Math.

Tabla 18: Método racional para un tiempo de concentración de 10 minutos - propuesta

Período de retorno (años)	Período de retorno (Años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Intensidad de lluvia (mm/hr) - (I)	57.0418	65.1350	72.0118	82.2291	90.9106	100.5087	111.1202	126.8863
Área de la Cuenca, (km2) - (A)	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439
Factor de Escorrentía (C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m3/s	34.0785	41.0459	47.7368	57.8747	66.9610	78.1434	88.2124	103.8435

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Método racional para un tiempo de concentración de 16.682 minutos según IILA-SENAMHI-UNI - propuesta

	Periodo de retorno (Años)							
Período de retorno (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Intensidad de lluvia (mm/hr) - (I)	34.8263	41.7288	46.9503	53.8528	59.0744	64.2959	69.5175	76.4200
Área de la Cuenca, (km ²) - (A)	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439	2.9439
Factor de Escorrentía ('C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m³/s	20.8063	26.2961	31.1235	37.9028	43.5117	49.9887	55.1862	62.5420

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Cálculo de caudal por método Mac-Math - propuesta

	Periodo de retorno (Años)							
Período de retorno (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Precipitación Máxima 24 Horas P(mm) - (P)	53.0833	60.6150	67.0146	76.5228	84.6019	93.5339	103.4090	118.0810
Área de la Cuenca, (Hectáreas) - (A)	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880	294.3880
Pendiente del cauce Principal: S (m/km)	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284	2.1284
Factor de Escorrentía (C)	0.7300	0.7700	0.8100	0.8600	0.9000	0.9500	0.9700	1.0000
Caudal Máximo Calculado m³/s	1.4389	1.7331	2.0156	2.4437	2.8274	3.2995	3.7247	4.3847

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de alcantarilla

De los encontrados se empleó el de Mac-Math debido a que se ajusta más a la realidad del estudio.

Datos:

$$Q = 2.01564 \text{ m}^3$$

$$b = 1.20$$

$$n = 0.014$$

$$s = 0.021$$

$$z = 0$$

Debido al tipo de alcantarilla tipo cajón, el talud es nulo, el ancho de solera es de 1.20m, el coeficiente de rugosidad es para un concreto revestido y la pendiente calculada de la zona en estudio.

El tirante ha sido calculado mediante tabulación por la siguiente expresión:

$$Y_o = \frac{\left[\frac{Q * n}{S^{0.5}} * (b + 2y)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{5}}}{b}$$

$$Y_o = 0.45 \text{ m}$$

$$A = 2Y_o + b$$

$$\therefore A = 0.54 \text{ m}^2$$

$$P = 2.10 \text{ m}$$

La velocidad propuesta se determinó bajo la ecuación de manning.

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

$$R = \frac{b * y}{b + 2y}$$

Obteniendo:

$$R = 0.2571 \text{ m}$$

$$V = 4.1857 \text{ m/s}$$

Por ecuación de continuidad se obtuvo:

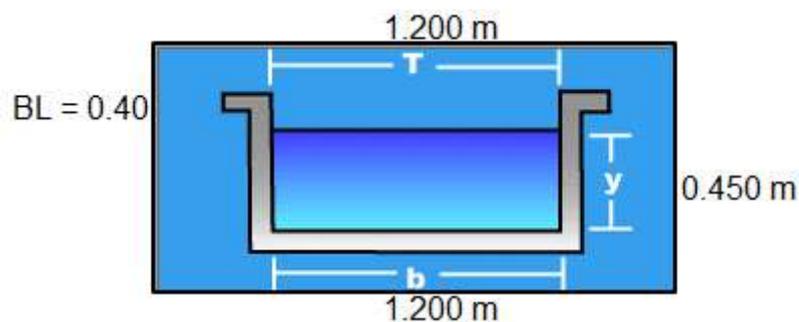
$$Q = V \times A$$

$$Q = 4.1857 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.54 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.2603 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este caudal de diseño es mayor al caudal de aporte para un periodo de retorno de 10 años, por lo tanto, se acepta las dimensiones propuestas.

Ilustración 5: Predimensionamiento de alcantarilla tipo cajón - propuesta



Fuente:

Elaboración propia.

Se contrastó las dimensiones bajo el programa de Hcanales.

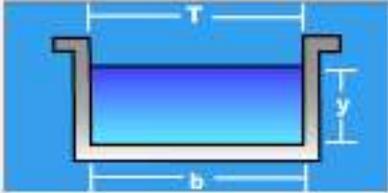
Ilustración 6: Predimensionamiento en Hcanales - propuesta

Calculo de tirante normal (secciones trapecoidal, rectangular, triangular)

Lugar: **DISTRITO DE INDEPENDEN** Proyecto: **PROPUESTA Y DISEÑO DE I**
 Tipo: Revoque: **CONCRETO**

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="2.2600"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.20"/>	m
Talud (z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.021"/>	m/m



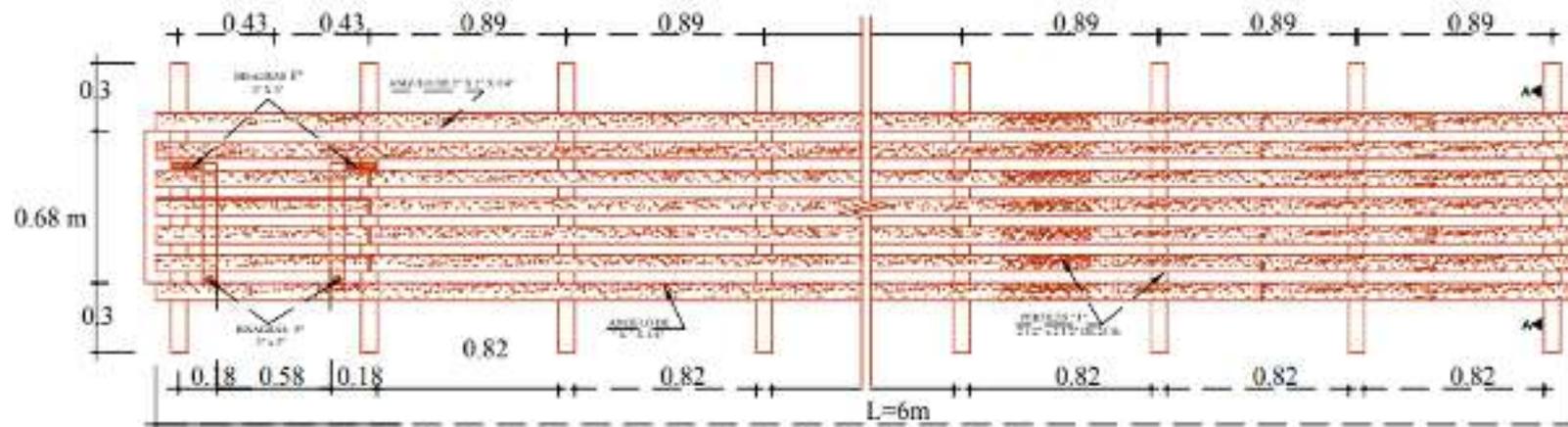
Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4500"/>	m	Perímetro (pt):	<input type="text" value="2.1000"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.5400"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2571"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.2000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.1057"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.9922"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.3430"/>	m ³ /m ² g
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Superficial"/>				

Calcula Limpia Pantallas Imprima Menú Principal Calculos

Ejecuta las operaciones 01:11 09/05/2021

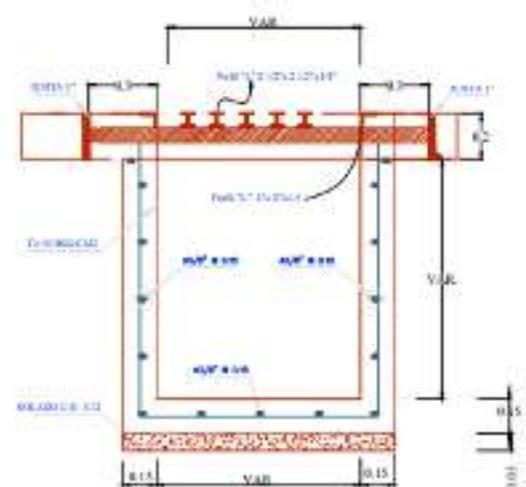
Fuente: Elaboración propia.



DETALLE DE REJILLA - PLANTA
TÍPICO
ESC. 3/3



SECCION TRANSVERSAL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
ESC. 1/8



CORTE A-A
DREN COLECTOR
ESC. 1/30

"UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO"		
PROPUESTA Y DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL COMO CONSECUENCIA DE LAS INUNDACIONES EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA - HUARAZ - ANCASH, 2021 - ANCASH		
AUTOR INGENIERO CIVIL	PROFESOR INGENIERO CIVIL	REVISOR INGENIERO CIVIL
PLANTA, SECCIONES Y CORTE DE ALCANTARILLADO PLUVIAL		P-01
AUTORA MEIRA CASULLO BAYTAN RONDEL WISLEY		
AUTOR MGR. MONJA MUZ PEDRO SPOLJO		

