

Análisis en el nivel de precipitaciones por medio de la elaboración de los mapas de isohietas y curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia) del departamento de Cundinamarca



Marly Liliana López Cruz

Jairo Daniel Zambrano Romero

Jerson Arcesio Obando Suarez

Universidad Cooperativa de Colombia

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería civil

Villavicencio

Noviembre, 2020



Análisis en el nivel de precipitaciones por medio de la elaboración de los mapas de isohietas y curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia) del departamento de Cundinamarca

Marly Liliana López Cruz

Jairo Daniel Zambrano Romero

Jerson Arcesio Obando Suarez

Proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil

Asesor Técnico:

Alejandro Novoa Castro

Ingeniero Agrícola Esp. Recursos Hídricos

Universidad Cooperativa de Colombia

Facultad de Ingeniería civil

Programa de Ingeniería civil

Villavicencio

Noviembre, 2020



Autoridades académicas Universidad Cooperativa de Colombia

Dra. Maritza Rondón Rangel
Rectora nacional

Dr. Cesar Pérez Londoño
Director de sede

Dr. Henry Vergara Bobadilla
Subdirector académico

Dra. Nancy Giovana Cocunubo
Directora de investigaciones

Ing. Raúl Alarcón Bermúdez
Decano facultad

Dra. Sandra Patricia Reyes Ortiz
Coordinadora de comité de investigaciones de programa

Advertencia

La Universidad Cooperativa de Colombia,
sede Villavicencio, no se hace responsable
por los conceptos emitidos por los autores

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatorias

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios, por darme vida y rebosarme de salud, mostrarme su generosidad y benevolencia, por siempre bendecirme y permitirme llegar tan lejos como he querido. A la memoria de mi padre Misael quien me mostró hasta último momento el significado del amor y el esfuerzo, sus recuerdos me mantuvieron en pie cuando quise rendirme: espero ser motivo de orgullo en el cielo. A mi madre Blanca por su amor, paciencia, trabajo y sacrificio, por inculcarme con ejemplo valores, perseverancia, por su apoyo, por ser partícipe siempre de este sueño y lo más importante “creer en mí”, sin ella nada hubiese sido posible. A mi hija Misaela por llegar al mundo a ser mi enseñanza y mi amor más grande en la tierra. “Por ti me devoro el universo, y todo lo que hago es y será siempre para ti.” A mis hermanas Leidy y Ximena que jamás dejaron de ser impulso para cumplir mis metas, por animarme y estar siempre presentes. Las amo. A mi esposo Carlos por su paciencia, apoyo incondicional, amor y respaldo.

Marly López.

Dedico con todo mi afecto, cariño y amor mi trabajo de grado, a mi núcleo familiar (mi padre, mi madre, mis hermanos y mis abuelos) que ha sido mi apoyo incondicional desde que me propuse esta meta, llegar a ser un profesional con principios y siempre buscando el bien común, también quiero dedicarles este trabajo a mis compañeros y amigos que han sido parte fundamental de todo el aprendizaje durante todo este tiempo.

Jerson Obando.

Le dedico este triunfo a mi familia por ayudarme a conseguir un sueño más y a los docentes que siempre confiaron en mí.

Jairo Zambrano.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a Dios por darnos la sabiduría necesaria para desarrollar este trabajo de grado, a nuestros padres, hermanos, abuelos, amigos por su apoyo y confianza, a la universidad cooperativa de Colombia sede Villavicencio y sus directivos, a nuestro tutor el ingeniero Alejandro Novoa, que fue la persona que más nos apoyó profesionalmente al desarrollo del trabajo, a la docente Sandra Reyes, nuestra directora de curso responsable de las revisiones y avances durante el desarrollo del presente trabajo. Agradecimientos a nuestros compañeros, en especial los integrantes de proyecto Jerson Obando, Marly López y Daniel Zambrano por el esfuerzo y la dedicación que se le dio al trabajo ya que, se realizó de manera remota debido a la emergencia sanitaria provocada por el covid-19.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	8
Lista de Ilustraciones.....	11
Lista de ecuaciones.....	11
Lista de tablas.....	13
Introducción	15
Resumen	17
Abstract	19
Planteamiento del problema	21
Hipótesis o pregunta problema.....	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	22
Justificación.....	23
Antecedentes	25
Marco geográfico	25
Estado del arte	27
Marco Teórico.....	36
Isoyetas.....	¡Error! Marcador no definido.
Curva IDF.....	39

Curvas de Nivel:.....	39
Equidistancia entre las Curvas de Nivel:.....	43
Cota de un punto	45
Curvas de nivel auxiliares	46
Tintas hipsométricas.....	47
Meteorología:	50
Estación Meteorológica:.....	50
Región Andina:	52
Rosa de Vientos:.....	52
Dirección del viento:	53
Velocidad del viento más probable:	56
Velocidad máximo promedio	57
Periodo de retorno de la velocidad máxima del viento:	59
Metodología	61
Análisis cuantitativo:.....	61
Análisis cualitativo:.....	62
Investigación mixto:.....	63
Instrumentos o herramientas usadas:.....	64
Procedimiento.....	65
Creación de mapas isoyetas:	65

Creación de curvas idf.....	66
Cronograma.....	68
Resultados	69
Curvas IDF	69
Isoyetas.....	102
Análisis de resultados.....	115
Curvas IDF	115
Isoyetas.....	118
Conclusiones	122
Bibliografía.....	123
Anexos.....	128

Lista de figuras

Figura 1 Mapa de Colombia, con el Departamento de Cundinamarca Iluminado.....	26
Figura 2 Polígono de Thiessen.....	36
Figura 3 Ilustracion de una Isoyeta.....	38
Figura 4 Planos equidistantes formando curvas de Nivel.....	40
Figura 5 Cortes de los Planos sobre el Papel.....	40
Figura 6 Cortes de los Planos sobre una depresión.....	41
Figura 7 Curvas de nivel de la Depresión.....	42
Figura 8 Diferentes Interlineados a Cumbre.....	43
Figura 9 Equidistancia entre la Curvas de Nivel.....	44
Figura 10 Curvas de nivel auxiliares.....	46
Figura 11 Tintas hipsométricas.....	47
Figura 12 Sombreado de Pendiente.....	49
Figura 13 Sombreado oblicuo.....	49
Figura 14 Direccion de procedencia del Viento.....	54
Figura 15 Dirección de procedencia del Viento.....	55
Figura 16 Viento más probable a 10m de altura.....	56
Figura 17 Promedio de la velocidad maxima.....	58
Figura 18 Periodo de retorno de la velocidad maxima del viento.....	59
Figura 19 Curva IDF de la estación Escuela Tena, municipio de Gachalá Cundinamarca.....	69
Figura 20 Curva IDF de la estación Esperanza, municipio de Manta Cundinamarca,.....	70
Figura 21 Curva IDF de la estación Fómeque, municipio de Fómeque Cundinamarca.....	71
Figura 22 Curva IDF de la estación Gachetá, municipio de Gachetá Cundinamarca.....	72
Figura 23 Curva IDF de la estación Gachalá, municipio de Gachalá Cundinamarca.....	73

Figura 24	Curva IDF de la estación Gama, municipio de Gama Cundinamarca,	74
Figura 25	Curva IDF de la estación Gloria La, municipio de Ubalá Cundinamarca	75
Figura 26	Curva IDF de la estación Guasca, municipio de Guasca Cundinamarca	76
Figura 27	Curva IDF de la estación Gutierrez, municipio de Gutierrez Cundinamarca	77
Figura 28	Curva IDF de la estación Hato Grande, municipio de Manta Cundinamarca	78
Figura 29	Curva IDF de la estación Junín, municipio de Junín Cundinamarca.....	79
Figura 30	Curva IDF de la estación Laguna Chingaza, municipio de Fómeque Cundinamarca ..	80
Figura 31	Curva IDF de la estación Choachí, municipio de Choachí Cundinamarca	81
Figura 32	Curva IDF de la estación Claraval, municipio de Junin Cundinamarca.....	82
Figura 33	Curva IDF de la estación Cabrera, municipio de Cabrera Cundinamarca.....	83
Figura 34	Curva IDF de la estación Choachí 2, municipio de Choachí Cundinamarca,	84
Figura 35	Curva IDF de la estación Barajas, municipio de Junín Cundinamarca,	85
Figura 36	Curva IDF de la estación Playa La, municipio de Fómeque Cundinamarca,	86
Figura 37	Curva IDF de la estación Peñas blancas, municipio de Cabrera Cundinamarca	87
Figura 38	Curva IDF de la estación Pasca, municipio de Pasca Cundinamarca,.....	88
Figura 39	Curva IDF de la estación Núñez, municipio de Cabrera Cundinamarca	89
Figura 40	Curva IDF de la estación El Japón, municipio de Paratebueno Cundinamarca	90
Figura 41	Curva IDF de la estación El Retiro, municipio de Medina Cundinamarca,	91
Figura 42	Curva IDF de la estación Palomas La, municipio de Gachalá Cundinamarca	92
Figura 43	Curva IDF de la estación Villapinzón, municipio de Villapinzón Cundinamarca,	93
Figura 44	Curva IDF de la estación Villa Inés, municipio de Facativá Cundinamarca,.....	94
Figura 45	Curva IDF de la estación Susumuco, municipio de Guayabetal Cundinamarca	95
Figura 46	Curva IDF de la estación Batán, municipio de Pasca Cundinamarca.....	96
Figura 47	Curva IDF de la estación Bolsa La, municipio de Choachí Cundinamarca	97

Figura 48 Curva IDF de la estación Santa Rosa, municipio de Ubalá Cundinamarca.....	98
Figura 49 Curva IDF de la estación Tres Esquinas, municipio de Ubalá Cundinamarca,	99
Figura 50 Curva IDF de la estación Casas La, municipio de Caqueza Cundinamarca,.....	100
Figura 51 Curva IDF de la estación San Rafael, municipio de La Calera Cundinamarca,	101
Figura 52 Mapa de isoyetas del mes de Enero,	102
Figura 53 Mapa de isoyetas del mes de febrero.....	103
Figura 54 Mapa de isoyetas del mes de marzo	104
Figura 55 Mapa de isoyetas del mes de abril	105
Figura 56 Mapa de isoyetas del mes de Mayo	106
Figura 57 Mapa de isoyetas del mes de Junio.....	107
Figura 58 Mapa de isoyetas del mes de Julio.....	108
Figura 59 Mapa de isoyetas del mes de Agosto.....	109
Figura 60 Mapa de isoyetas del mes de Septiembre,	110
Figura 61 Mapa de isoyetas del mes de Octubre.....	111
Figura 62 Mapa de isoyetas del mes de Noviembre,	112
Figura 63 Mapa de isoyetas del mes de Diciembre.....	113
Figura 64 Mapa de isoyetas anual.....	114

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Altura de precipitación media por medio del método de polígono Thiessen	37
Ecuación 2 Altura de precipitación media por medio del método de isoyetas.....	38
Ecuación 3 Ecuación de la intensidad	117

Lista de tablas

Tabla 1. División de los 360° en 8 sectores	53
--	----

Tabla 2. Cronograma de actividades	68
Tabla 3. Estaciones evaluadas para las curvas IDF.....	115
Tabla 4. Cuadro de resultados de mapas de isoyetas	118

Introducción

Es el estudio de las precipitaciones y el conocimiento de sus distribuciones motivo de interés para la planificación de las obras civiles como tal y en especial de las obras hidráulicas; es así como por medio de los estudios meteorológicos e hidrológicos, que se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas o permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía que permitan mejorar la información de las diferentes zonas del país, y es por medio de esta información como se puede desarrollar un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles. Para esto, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno.

Por otro lado, la disposición y fiabilidad de los datos de precipitaciones es imprescindible para el diseño y planificación de actividades en las obras civiles. Sin embargo, muchas veces no se dispone de registros de escorrentías o bien si estos están, no nos dan una información organizada, y por tanto se podría incurrir en gastos adicionales o tiempo de obra adicional en la organización de estos.

Es, por lo anterior, que es necesario presentar la información pluviométrica correspondiente a una tormenta o lluvia en formas de intensidades, a partir de los registros de las estaciones pluviográficas en estudio.

El presente proyecto de tesis presenta los resultados obtenidos a partir del análisis del nivel de precipitaciones en el departamento de Cundinamarca, por medio de la elaboración de los mapas de isohietas y curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia).

Es importante entender la heterogeneidad del territorio y las particularidades del mismo para facilitar la planificación y ejecución de proyectos ingenieriles; estos últimos deben ajustarse a las necesidades y características de la zona en donde se pretenden desarrollar.

Uno de los factores que se deben considerar y que diferencia a los territorios, es la precipitación; la cual puede ser un desencadenante de fenómenos naturales como escorrentía, cárcavamiento, deslizamientos, inundaciones, desbordamiento de ríos, inestabilidad de taludes por saturación de los mismos, entre otros.

El proyecto busca establecer unos patrones de precipitación a lo largo del departamento de Cundinamarca; de manera que se puedan identificar las zonas más propensas a presentar retos importantes para la ingeniería, debido a las lluvias.

Resumen

Los procesos de investigación son sobresalientes en la fase de aprendizaje de todo profesional que requiere una sucesión de retos. Su propósito es la integralidad del futuro profesional teniendo en cuenta que no solo engrandece el conocimiento, sino que además lo dispone para situarse en el desarrollo de su actividad, generando así una complacencia por haber aportado y dejado una herencia a los procedentes. Por lo anterior es que se tomó la decisión de dejar un documento guía en el depósito de la comunidad estudiantil, con el tema específico de “Análisis en el nivel de precipitaciones por medio de la elaboración de los mapas de isohietas y curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia) del departamento de Cundinamarca”, este escrito de ayuda abarcará una sucesión de información sobresaliente que tiene como fin ayudar al estudiante por medio de los mapas (realizados con datos de la plataforma IDEAM) y su repercusión que estos fenómenos naturales tiene en el territorio departamental.

Debido a las altas precipitaciones que el territorio recibe durante el año, Colombia se caracteriza y posiciona a nivel mundial, como un país rico no únicamente en fauna y flora sino que además en fuentes hídricas, esto gracias a la estratégica localización geográfica en la que se encuentra. La información con la que se trabaja es comprobable y actualizada con relación de confiabilidad, teniendo en cuenta que se tomó como referente el IDEAM, la entidad oficial encargada de calcular y registrar la conducta de las precipitaciones en el país.

El objetivo de este documento es permitirle al lector tener conocimiento directamente sobre las posibles afectaciones e inconvenientes que se encuentran a la hora de poner en marcha

un proyecto de obra civil en determinado terreno, evidenciando la información relevante de las precipitaciones, con el propósito de generar actuación al proyectarse ante alguna posible eventualidad, evitando el riesgo en términos de mano de obra, inversión, materiales, y otros tipos de daños adyacentes propios de la función.

Para el desarrollo y preparación de datos estadísticos, mapas de isohietas y curvas IDF, es de suma importancia esta investigación, con lo que se pretende adaptar al grado de importancia de este proyecto, así mismo la contribución de esta información.

Palabras clave

Isohietas, curvas IDF, estación meteorológica, precipitación, Cundinamarca.

Abstract

The research processes are outstanding in the learning phase of every professional who requires a succession of challenges. Its purpose is the integrality of the professional future, taking into account that it not only enhances knowledge, but also has it available to place itself in the development of its activity, thus generating a satisfaction for having contributed and left an inheritance to those from it. Therefore, the decision was made to leave a guide document in the deposit of the student community, with the specific topic of “Analysis of the level of precipitation through the preparation of isohyete maps and IDF curves (intensity, duration, frequency) of the department of Cundinamarca ”, this help letter will cover a succession of outstanding information that aims to help the student through maps (made with data from the IDEAM platform) and the impact that these natural phenomena have on the departmental territory.

Due to the high rainfall that the territory receives during the year, Colombia is characterized and positioned worldwide, as a country rich not only in fauna and flora but also in water sources, this thanks to the strategic geographical location in which it is located. find. The information with which we work is verifiable and updated with a reliability relationship, taking into account that the IDEAM, the official entity in charge of calculating and recording the behavior of rainfall in the country, was taken as a reference.

The objective of this document is to allow the reader to have direct knowledge about the possible affectations and inconveniences that are found when starting a civil works project on a certain land, evidencing the relevant information on rainfall, with the purpose of generating

action when planning before any possible eventuality, avoiding the risk in terms of labor, investment, materials, and other types of adjacent damages typical of the function.

For the development and preparation of statistical data, isohynet maps and IDF curves, this research is of the utmost importance, with which it is intended to adapt the degree of importance of this project, as well as the contribution of this information.

Keywords:

Isohyets, IDF curves, meteorological station, precipitation, Cundinamarca.

Planteamiento del problema

Estamos en un país lleno de variedad en ecosistemas, fauna y flora, Siendo así, el país que cuenta con más especies en el mundo, lo cual genera a su vez, que reporte únicamente con estaciones del clima de verano e invierno, esto es gracias (entre otras cosas) a ser un país del trópico.

Colombia es el país del mundo donde más llueve, contando con un promedio de 3.240 milímetros de lluvia anual, lo anterior es conforme los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, aun así, no se tiene información precisa y detallada de cada uno de sus departamentos; siendo un inconveniente en el momento de realizar un estudio para proyectos, ya que se ve retrasado, generando mayor tiempo para hacer la búsqueda pertinente de los datos de las estaciones del IDEAM y en la construcción de los mapas de isohietas y las curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia) para así poder tener información de las probables conductas de saturaciones del suelo, las fuentes hídricas, el pronóstico de escurrimientos, la estimación de transporte de cárcavas, etc..

Hipótesis o pregunta problema

¿Cómo es la variación de las precipitaciones anuales en las diferentes zonas del departamento de Cundinamarca?

Objetivo General

Analizar el nivel de precipitaciones en el departamento de Cundinamarca mediante mapas de isohietas y curvas IDF.

Objetivos Específicos

- Conseguir los datos de las precipitaciones mensuales multianuales y diarias de las estaciones pluviométricas y climatológicas ubicadas en el departamento de Cundinamarca, en el Ideam.
- Realizar el análisis de confiabilidad a los registros de precipitación.
- Localizar las estaciones en la plataforma de AutoCAD
- Elaborar los mapas de isohietas para los doce meses del año y el anual.
- Determinar las curvas IDF de las estaciones climatológicas que tengan los datos para su generación.

Justificación

Para la realización del diseño y la construcción de proyectos de Infraestructura, particularmente hidráulicas, es de suma importancia tener información referente a las precipitaciones, pues en ellas va asociado la conducta a esperarse de las cuencas hídricas en las diferentes temporadas del año, así mismo se obtiene información del comportamiento del suelo (su saturación) o servir simplemente para determinar el mes en el que podría ser más factible la ejecución de una obra.

Para el anteproyecto y planificación de todo tipo de obra ingenieril es de gran consideración respaldar la vida útil de estas, pero la inestabilidad Climática a nivel general de Colombia a generadas posiciones que impactan negativamente dichas obras.

En el caso de Cundinamarca, contamos con una gran cantidad de estaciones, por lo que el profesional o persona del común podría tener acceso en gran parte del territorio departamental a datos de precipitaciones directamente de la plataforma del IDEAM, sin embargo, no existe una información organizada, generando que proyectos se vean retrasados y entorpecidos.

La valoración de tormentas en sitios determinados donde es difícil obtener información por falta de la misma para realizar el cálculo de caudales máximos, la predicción de caudales, el diseño de vías y alcantarillados pluviales, entre otras, son el resultado del uso de herramientas tan importantes y utilizadas como las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) .

Por otra parte tenemos las isoyetas, son importantes en la consideración del diseño de estructuras hidráulicas y la proyección del comportamiento de la misma ante una eventual emergencia, ya que nos permiten determinar mapas de riesgo de inundación de manera visual, ofreciéndonos una herramienta de alerta para así poder comunicar las posibles amenazas en áreas definidas.

Es por lo anteriormente mencionado, que se vio necesario la recopilación y organización de este tipo de información para obtener mapas de isoyetas y curvas IDF, generando además un aporte significativo en diferentes áreas de la ingeniería, riesgos y sociales para su factibilidad, proyección y ejecución de proyectos futuros.

Antecedentes

Marco geográfico

Ubicación, Extensión y Límites

El Departamento de Cundinamarca se encuentra situado en el centro del país, localizado entre los 03°40'14'' y 05°50'11'' de latitud norte y los 73°03'08'' y 74°53'35'' de longitud oeste. Según el DANE (2015), este departamento cuenta con una Población de 2'680.041 habitantes. Su Densidad es de 110.70 Hab/Km² (colombiamania.com, s.f., págs. <https://www.colombia.co/pais-colombia/geografia-y-medio-ambiente/region-andina-2/>)

Su superficie es de 24.210 km² correspondiendo al 2.12 % del territorio nacional. Por el Norte limita con el departamento de Boyacá; al Este con los departamentos de Boyacá y Meta; por el Sur con los departamentos de Meta, Huila y Tolima, y el Oeste con el río Magdalena, siendo el que separa los departamentos de Tolima y Caldas. Este departamento cuenta con una totalidad de 116 municipios, 14 corregimientos, 177 inspecciones de policía, además tiene una considerable cantidad de caseríos y poblaciones. (colombiamania.com, s.f., págs. <https://www.colombia.co/pais-colombia/geografia-y-medio-ambiente/region-andina-2/>)

Fisiografía:

Cundinamarca manifiesta un territorio con relieves montañosos, planos y bajos, el cual todo le compete a la cordillera Oriental en ambos flancos. De esta manera se pueden diferenciar 4 regiones fisiográficas en el departamento designadas como flanco occidental, altiplano

de Bogotá, flanco oriental y el piedemonte llanero. (colombiamania.com, s.f., págs.

<https://www.colombia.co/pais-colombia/geografia-y-medio-ambiente/region-andina-2/>)

Figura 1

Mapa de Colombia, con el Departamento de Cundinamarca Iluminado



Fuente: (todacolombia.com, s.f., págs. <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/index.html>)

Estado del arte

Es importante traer a colación los diferentes aportes y avances que se han realizado diferentes autores en temas que son de competencia de la presente investigación. Los principales logros investigativos podrían agruparse en tres temas principales; el primer grupo conformado por los relacionados en climatología, el segundo está compuesto por los avances en cuanto a curvas IDF, y finalmente, el tercero agrupa las investigaciones en cuanto a los mapas de isoyetas.

Sin embargo, teniendo en cuenta literatura consultada realiza indirecta o directamente aportes a varios de los grupos de conocimiento; se opta por presentar a continuación la totalidad de aportes encontrados sin discriminar a qué grupo de saberes pertenece:

En el plano nacional, se encuentra la investigación titulada “Formulas regionales para la estimación de curvas intensidad-frecuencia y duración basadas en las propiedades de escala de la lluvia Región Andina Colombiana” autoría de (Pulgarin Davila, 2009):

En este estudio, se demuestra que para determinar las curvas IDF las metodologías más precisas son las que se basan en las propiedades de escalamiento simple.

(Pulgarin Davila, 2009) Intentó separar y analizar las metodologías usadas tradicionalmente tanto en modelos elaborados a nivel teórico (invarianza de la lluvia) como en modelos poco comunes (funciones estables), estos últimos describiendo adecuadamente los comportamientos de los sistemas que son altamente variables.

(Pulgarin Davila, 2009) resalta la dificultad que conllevaría regionalizar o sectorizar fórmulas que dependan de factores hidrológicos como es el caso de la precipitación; toda vez que Colombia cuenta con un clima muy diverso y variable. Adicionalmente, a la hora de establecer o asociar una ecuación a un determinado lugar, se debería también entender cómo se comportan y qué principios rigen las variables que hacen parte de la ecuación; además de lograr analizar y relacionar las mismas. Lo anterior a su vez facilita la elección de metodologías y modelos que representen dicha variabilidad.

Ahora bien, también cabe resaltar que dentro de los resultados de la investigación desarrollada por Pulgarín, se encuentra la determinación del proceso más simple para estimar curvas IDF, el cual según el autor es el método tradicional. Este consiste en la aplicación de una función que en estadística se conoce como función de distribución de probabilidad, a las series. La dificultad que encontró (Pulgarin Davila, 2009) con este método no es de fondo ni del método en sí mismo, sino más bien en la recolección de los registros.

En un trabajo desarrollado por (TÉMEZ, 1978.)El autor define las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), como el resultado de la unión de los puntos que representan la intensidad media de las lluvias, en intervalos de diferente duración, pero con el mismo periodo de retorno o frecuencia. (Benítez, 2002) También define las curvas IDF y

las describe como una representación gráfica de una determinada relación entre la intensidad de la lluvia, su duración y su período de retorno o frecuencia.

Finalmente, (Mintegui, 1990), define las Curvas IDF:

Como aquellas que representan la relación entre duración de la lluvia (abscisas) y la altura de la precipitación (ordenadas), obteniéndose de dicha representación una curva que representa la frecuencia. Es decir, que las curvas IDF representan o muestran la intensidad media de la lluvia a lo largo de intervalos de tiempo con diferentes duraciones; de manera que todos los puntos en una misma curva presentan un mismo periodo de retorno.

(Mintegui, 1990) Hace hincapié en que el uso de las curvas IDF puede abarcar la identificación de crecidas en las cuencas hidrográficas, las cuales poseen tiempos de concentración de corta duración. Aquí la principal función sería estimar la duración, intensidad y frecuencia de la lluvia en una zona que no cuenta con pluviógrafo, pero que tiene pluviómetros totalizadores.

Ahora bien, autores como (Ghanmi, , Bargaoui , & Mallet,, 2015.)Proponen hacer uso de la invarianza de escala simple, para analizar los datos correspondientes a lluvia diaria, y así establecer curvas IDF en lugares no aforados en el norte de Túnez. Al contar con la información pluviométrica de las estaciones cercanas al lugar en cuestión, combinaron la invarianza de escala simple con el modelo de Gumbel para intensidades

máximas de lluvia, desarrollando un método de cálculo de las curvas IDF, tomando como insumo principal la lluvia total diaria.

(Lopez, Maza, Burgos, Vargas, & Forner, 2011) Desarrollaron una metodología para regionalizar las precipitaciones, usando características climáticas y morfológicas de los lugares y calculando las curvas de la duración de los caudales en zonas carentes de instrumentación de medición. En su trabajo mencionan que la estimación de las curvas se puede llevar a cabo tomando las series de caudales medio mensuales, que tienen largos periodos de registro, es decir más de 15 años de datos. Finalmente ajustaron las curvas a un modelo matemático, lo anterior mediante el uso de modelos de regresión y teniendo en cuenta tanto la precipitación media anual como el área de la cuenca en cuestión y su índice de compacidad.

El autor (Díaz Suescún & Alarcon, 2018) realizó el trazado de las isotermas y de las isoyetas por medio de una interpolación de los datos disponibles de las estaciones climatológicas de un Instituto (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). Usaron además el método Inverso de la distancia al cuadrado, disponible en el software ArcGIS (ArcMap 10.1) para representar información mediante una curva.

Por otra parte han sido diversas las investigaciones sobre climatología en el que se recalca sentidos como el clima y las variaciones que tiene en determinado tiempo, por ello se define que es en general un tema de geografía. Asimismo, la cantidad de autores que sienten

interés por este asunto es de consideración. Uno de ellos es (Portillo G.) que explica en uno de sus artículos que:

La climatología “se trata de una ciencia centrada en conocer los efectos, funcionamiento y consecuencias de la existencia del clima en una determinada región”.

Igualmente (Rascón , Gosgot Angeles, Oliva, Quiñones Huatangari, & Barrena Gurbillón, 2020) corroboran que:

Hay diversos componentes que hacen caer la balanza en la variación climática, ya que son el resultado de distintos acontecimientos meteorológicos expresado en diferente tiempo (días, meses, estaciones, años).

En relación con lo anterior, (Villegas, Rivas, Pérez, Villegas, & Milla, 2019) enuncian:

El clima puede alcanzar datos estadísticos sobre el tiempo atmosférico dentro de un determinado lugar o espacio y en un periodo característico como lo puede ser la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones. Dichos valores se consiguen realizando una recopilación de información meteorológica de manera metodológica y homogénea, por espacios que son representativos, es decir de 30 años en adelante.

Asimismo, es de valor recalcar la importancia de la climatología en ámbitos ingenieriles, pues la afectación en las obras es extensa ya que son extremadamente influenciadas por componentes climáticos y que no se llegaron a tener en cuenta.

De tal modo (Polanco , 2011) indica que:

Es de suma importancia el conocimiento de la intensidad de las lluvias, la duración, y otros fenómenos meteorológicos frecuentes en algunas zonas, para la ejecución de algunas técnicas de construcción, señalizaciones, dimensionamiento de drenajes urbanos, toma de decisiones y medidas de prevención necesarias para evitar inundaciones y otras catástrofes en los centros poblados, entre otros.

Para desarrollar una buena planificación de una obra, evaluaciones de diseño, instauración de fenómenos atmosféricos, entre otros, se sugiere una recopilación completa de datos e información para así poder constituir las medidas correctas en relación a las afectaciones que se evidencian en las infraestructuras ingenieriles.

Cabe resaltar, que uno de los desafíos a los que tiene que enfrentarse la humanidad es el cambio climático, por ello (Alarcón Hurtado & Luz Toloza , 2019) expresan que:

Actualmente las construcciones civiles tienen gran relación con factores climáticos, por ello se debe tener siempre presente las amenazas climáticas del sitio en estudio para brindar seguridad a los habitantes de dicha estructura o quienes permanezcan y/o hagan

uso de ella. Las precipitaciones pluviales son las que tienen más relevancia entre las condiciones dichas, teniendo en cuenta que un drenaje correcto de las aguas blancas (aguas lluvia) garantiza el cumplimiento de la vida útil de cada construcción. Tener un buen conocimiento sobre las precipitaciones en determinados lugares instaura los parámetros que se debe tener presente en la construcción y mantenimiento de embalses, brindando seguridad de la misma a la población.

Uno de los temas de atracción a nivel mundial es el análisis de la climatología pues con ello repercute en las actividades cotidianas de la población, aspectos de sostenibilidad e infraestructura de las ciudades.

Ante el escenario descrito, (Cruz, 2010) certifica que “el cambio climático ha generado en los últimos años innumerables daños a la infraestructura, ya que mucha de esta no estaba diseñada con factores de seguridad suficientes para soportar el embate de la naturaleza”.

Finalmente (Castillo, Montero, Amador, & Durán, 2018) enuncian:

Actualmente el estudio del cambio climático en el futuro es de importancia, puesto que se puede proyectar la ocurrencia de situaciones críticas las cuales van en aumento y se ve evidenciado en las fuertes lluvias, sequias, extremos en temperaturas, cambios de frecuencia y ocurrencia en huracanes y tormentas, entre otros.

En conclusión, un gran impacto en los últimos años ha sido gracias al cambio del clima, haciendo ver las consecuencias que consigo trae, como por ejemplo el desarrollo de las actividades que realiza la comunidad normalmente. Los mapas de isoyetas es una manera de mostrar clara y detallada una curva que representa los puntos terrestres en el que se registra la precipitación o lluvia de un año en un lapso de tiempo determinado.

Algunos autores han ejecutado investigaciones sobre este tema, como por ejemplo (Prado Paucar , 2015) que indica en su informe que “la isoyeta es una isolínea que une los puntos, en un plano cartográfico, que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada”, y de esta manera (Diaz Suescun & Alarcon Africano, 2018) hace énfasis a que en la actualidad, se cuentan con algunas herramientas de sistemas de información geográfica como lo es QGIS y ArcGIS el cual permiten encontrar valores medios de precipitación, escorrentía y evaporación, en una superficie específica a partir de un mapa de isolíneas hecho con datos climatológicos reales, lo anterior junto la morfometría de la cuenca, ayudan a obtener el resultado esperado : un balance hídrico.

(Bernal Garcia , Montealegre , Rangel M , & Sabogal T , 1989) Indica que la precipitación es la medida meteorológica que en resumen califica el estado del tiempo en el medio. Su inestabilidad implica de manera ya se desfavorable o provechoso, sobre la mayor parte de los movimientos del quehacer humano y de una información verídica y oportuna obedece, en buena medida, un óptimo desarrollo económico y social de las regiones. De ahí la indispensable necesidad de tener conocimiento sobre el tema con exactitud, los cambios regulares, su conducta

y su distribución tanto en el espacio como en el tiempo. En conclusión, las isoyetas son las curvas de igual precipitación que a partir de éstas se logra alcanzar una precipitación media ponderada.

Marco Teórico

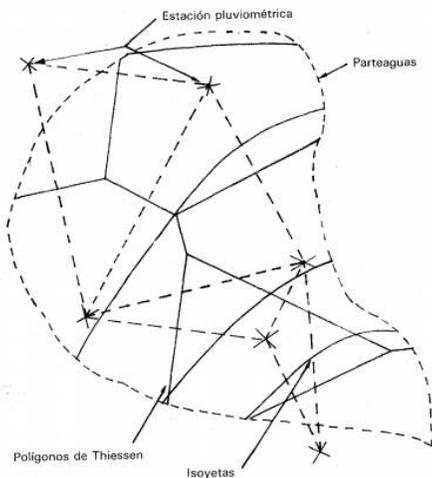
Polígonos de Thiessen

Para la realización de este método se siguen los siguientes pasos:

1. Dibujar en el plano la unión de las estaciones más cercanas entre si (líneas interrumpidas) construyendo de esta manera triángulos cuyos vértices se encuentran las estaciones pluviométricas.
2. Trazar líneas rectas que dividan en dos partes cada lado de los triángulos que se formaron anteriormente (líneas rectas continuas).
3. Lo realizado en el paso anterior rodeará cada estación pluviométrica, recibiendo el nombre de polígonos de Thiessen y, en otros casos por “el parteaguas de la cuenca”.
En la cuenca, su área de influencia será igual al área delimitada por polígonos de Thiessen y el parteaguas. (Aparicio Mijares, 1992, págs. 140-142)

Figura 2

Polígono de Thiessen



Fuente: (Aparicio Mijares, 1992, págs. 140-142)

4. Empleando como peso el área de influencia respectivo se halla la precipitación media, teniendo en cuenta que se realiza de manera similar como un promedio pesado de las lluvias de cada estación de la cual se tiene registro, siendo:

Ecuación 1

Altura de precipitación media por medio del método de polígono thiessen

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi}$$

Fuente: (Aparicio Mijares, 1992, págs. 140-142)

Donde A_i es el área de influencia de la estación i y A_T es el área total de la cuenca.

Isoyetas

Para realizar el método de isoyetas, se trazan líneas que unen los puntos con mismos valores de precipitación en una unidad de tiempo determinada en el mapa. De manera que en un área se pueden establecer varias isoyetas para una misma área, dependiendo de la periodicidad. Por ejemplo una isoyeta de la precipitación media de cada uno de los meses del año o la correspondiente a las lluvias medias anuales (Aparicio Mijares, 1992, pág. 142).

La precipitación media se halla similar a la ecuación 2, pero en este caso el peso será el área A_i en cada 2 isoyetas y el parteaguas y la elevación de la precipitación promedio entre las dos isoyetas, h_{pi} , será la cantidad que se pesa: (Aparicio Mijares, 1992, pág. 142)

Ecuación 2

Altura de precipitación media por medio del método de isoyetas

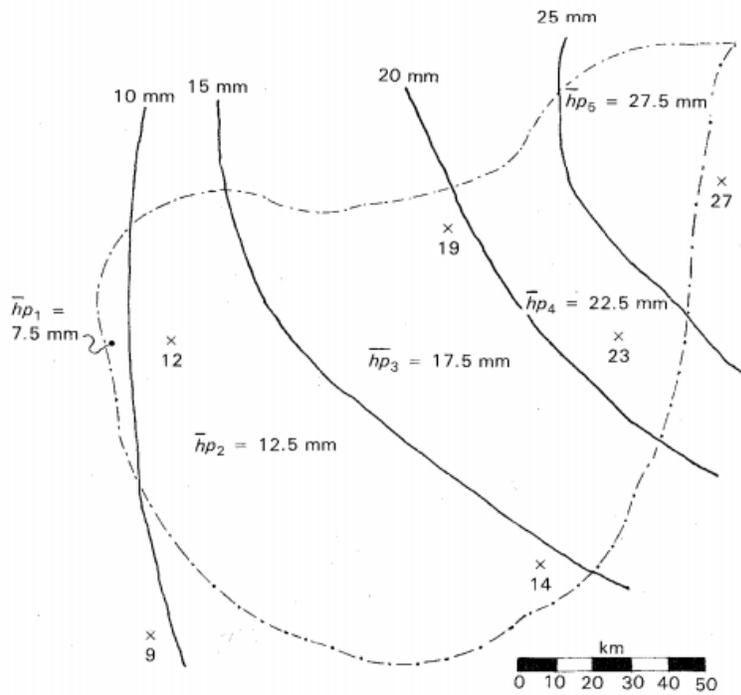
$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n'} (\bar{h}_{p_i} A'_i)$$

Fuente: (Aparicio Mijares, 1992, pág. 142)

Donde n' es el número de áreas A'i consideradas.

Figura 3

Ilustración de una Isoyeta



Fuente: (Aparicio Mijares, 1992, pág. 142)

Curva IDF

Es la representación de la magnitud o intensidad (I) de una fuerte lluvia indicada en milímetros por hora, en una duración (D) específica que normalmente logra ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se considera tiene una probabilidad de periodicidad, o frecuencia (F) expresada en años, lo que se conoce también como periodo de retorno. (IDEAM, curva IDF, 2016, págs. <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>)

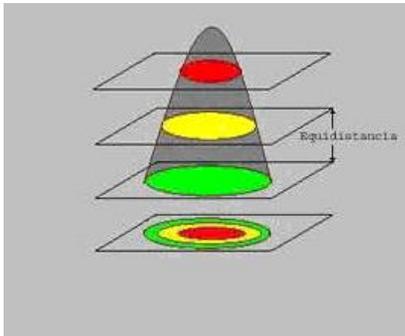
Curvas de Nivel:

Este sistema se basa a través de un conjunto de planos paralelos entre sí al cortar la superficie del terreno, el cual recibe el nombre de curva de nivel o isohipsa, teniendo una separación determinada entre ellos. Para obtener la representación deseada de estas curvas de nivel se deben plasmar en un mapa o plano común. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Cómo se puede observar en la figura, la forma adecuada para representar una montaña mediante este método de curvas de nivel es cortarla a través de planos paralelos con separaciones llamadas equidistancia entre curvas de nivel. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 4

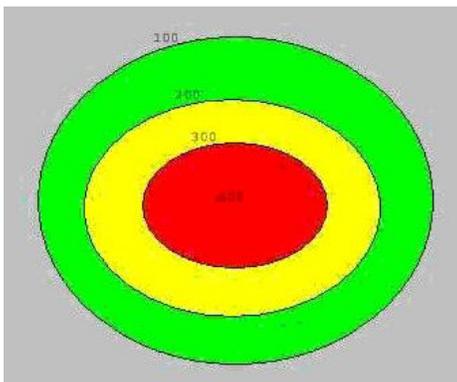
Planos equidistantes formando curvas de Nivel



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Figura 5

Cortes de los Planos sobre el Papel



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Para poder determinar qué sección está por encima de otra es necesario especificar la altura con respecto a un plano de referencia; como la altura sobre el nivel del mar. Por ejemplo, en la imagen lo que vemos de color rojo está a una altura de 400 msnm, el de color amarillo a 300 msnm y el color verde a 200 msnm, pudiendo deducir con estas altitudes, denominadas **cotas**;

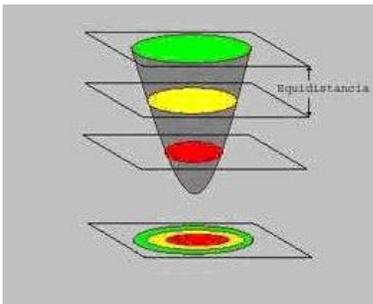
que lo que se tiene de color rojo es el pico de la montaña. (AristaSur , 2012, págs.

<https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

También existe el caso para construir curvas de nivel de una depresión, lo que la equidistancia nos ayuda a deducir con facilidad. En el ejemplo de la imagen se evidencia que la separación es de 100 metros. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 6

Cortes de los Planos sobre una depresión

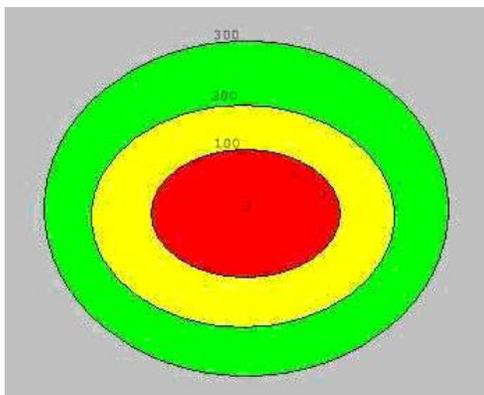


Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Observamos que obtenemos una representación idéntica y que el procedimiento es realmente el mismo (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>).

Figura 7

Curvas de nivel de la Depresión



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Sin embargo, la acotación de estas curvas de nivel hacen la diferencia, las curvas de mayor extensión ahora son las que tienen mayor altitud que las curvas menores, mostrándonos que en este sector del terreno hay una concavidad o depresión. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

La realización de estas curvas de nivel nos ayuda a la comprobación de las siguientes **premisas** de una forma general: (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

- Las curvas de nivel hay corte ni cruce entre ellas (a menos que se quiera representar una cueva o un saliente de roca).

- Las curvas de nivel se aglomeran en las vertientes más escarpadas y están más espaciadas en las vertientes más planas.
- La línea de pendiente máxima entre dos curvas de nivel es aquella que mediante la distancia más corta las une.

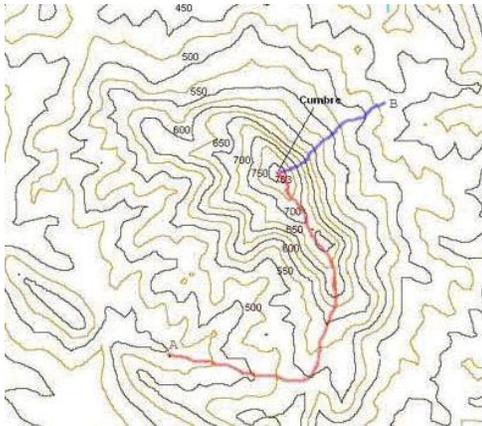
Equidistancia entre las Curvas de Nivel:

La equidistancia entre curvas de nivel es aquella misma distancia para un mapa entre varios planos imaginarios que cortan el terreno. (AristaSur , 2012, págs.

<https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 8

Diferentes Interlineados a Cumbre.

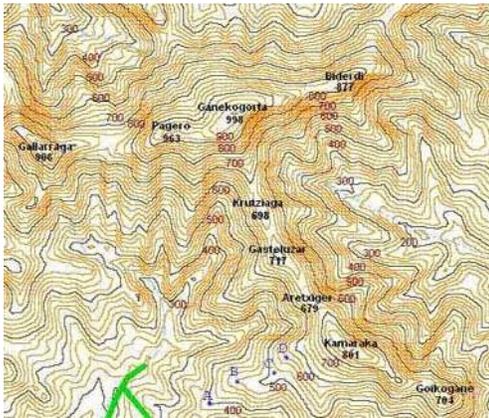


Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

En la sección del plano anterior se puede contemplar dos tipos de curvas de nivel; una de tonalidad clara y otra más oscura. La distancia entre ellas es de 25 m, aunque si nos fijamos entre el color más fuerte estás curvas muestran una distancia de 50 m entre ellas, a la línea de color más oscuro se le suele llamar curvas de nivel maestras. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 9

Equidistancia entre la Curvas de Nivel.



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

En este nuevo plano observamos un mapa en el que sus curvas de nivel de color más claro tienen una equidistancia de 20 m. También podemos fijarnos que la equidistancia de las curvas maestras (aparecen con tono oscuro) hay una diferencia de 100 m. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Cota de un punto

Los puntos se sitúan en los mapas a una altitud definida, dichos puntos son mejor denominados como **cota**. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Del plano anterior vemos que la cota del punto A es de 400 m pues vemos que está ubicada en la curva maestra. La cota del punto B es de 480 metros pues se posiciona en cuatro curvas de nivel más arriba de la curva maestra de 400 m (teniendo en cuenta que cada curva diferente a la curva maestra es de 20 m). El punto C se ubica entre las curvas de nivel 500 y 520 metros. Aunque sabemos que esta cota estará intuida entre estos dos valores, no podemos saber con certeza así que lo recomendado sería tomar el promedio de estos dos valores: 510 metros. En último lugar la cota del punto D es 560 metros ubicada 3 cotas de nivel encima de la cota de 500 m. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Como bien sabemos la referencia que se establece para la medición de altitudes, o bien llamadas cotas, es en cuanto al nivel del mar. Cada país establece su propio datum vertical o referencia, generalmente se hace con la costa con la que cuente dicho país, de no tener se transfiere en el datum a la costa de un país próximo. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

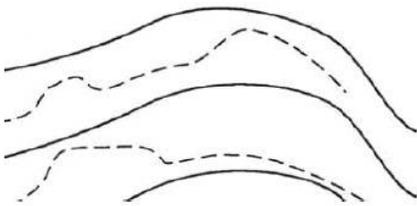
Curvas de nivel auxiliares

En los territorios muy planos hallamos curvas de nivel considerablemente separadas por lo que obtenemos una información relativa a la topografía de dicho terreno. Por ejemplo, un mapa donde el plano se observa con una equidistancia entre curvas de nivel de 40 metros. Cualquier relieve que sea de menor o mayor altura sobre este terreno quedará sin ser representado. Pero con una sección rocosa vertical de 4 metros bastará para que nos sea infranqueable. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Con situaciones como las anteriormente mencionadas, ha incitado aumentar la cantidad de curvas de nivel en mapas en algunas zonas específicas, éstas reciben el nombre de curvas de **nivel auxiliares**, el cual se suelen representar mediante líneas discontinuas (como se puede observar en la imagen) ubicadas entre dos curvas de nivel sucesivas. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 10

Curvas de nivel auxiliares



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

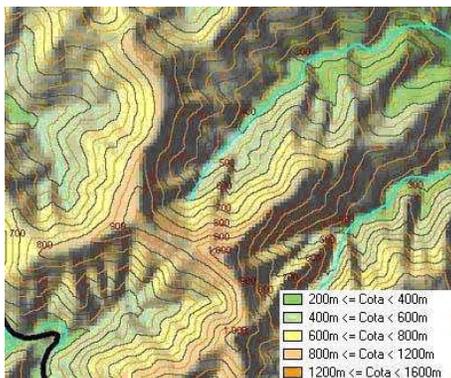
Tintas hipsométricas

Este es un método que usualmente se emplea como un complemento a las curvas de nivel, es común y con él se representa el relieve en muchos mapas. Radica en dar colores específicos a los puntos del mapa que se sitúan entre dos cotas definidas. Como ejemplo: se puede dar color verde claro a los puntos de un plano donde la cota sea entre 100 y 300 m, un verde más oscuro entre las cotas de 300 y 500 m, y color amarillo a los puntos con cotas entre 500 y 700 m. De esta manera podemos darle una forma visualmente. (AristaSur , 2012, págs.

<https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 11

Tintas hipsométricas



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

En la figura anterior se puede observar la aplicación de tintas hipsométricas en el mapa; para representar el relieve como complemento a curvas de nivel, el cual cuenta con una equidistancia de 50 m. En la parte inferior derecha se observa además el anexo de un cuadro donde se incorporan los colores que se utilizaron para cada intervalo de cotas. (AristaSur ,

2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Sombreado

Este es otro complemento para la representación del terreno el cual es llamado sombreado y aunque es una herramienta cualitativa puede ser de gran beneficio a la comprensión como una superficie en 3D. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

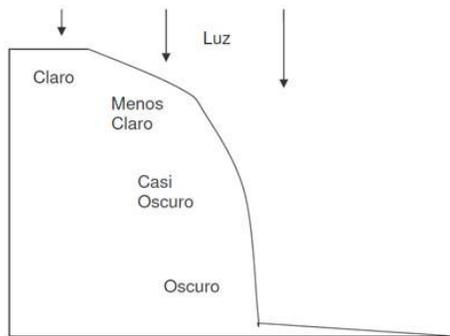
Este procedimiento radica en establecer efectos de iluminación y sombra que ocasionan una percepción similar a la que origina si situáramos un "sol artificial" a cierta altitud sobre dicho relieve. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Hay dos técnicas básicas de sombreado:

Sombreado de Pendiente: Esta técnica consiste en iluminar las partes más altas como si se situara un foco de luz en la parte vertical del plano y a medida que pierde inclinación se va haciendo más oscuro. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 12

Sombreado de Pendiente



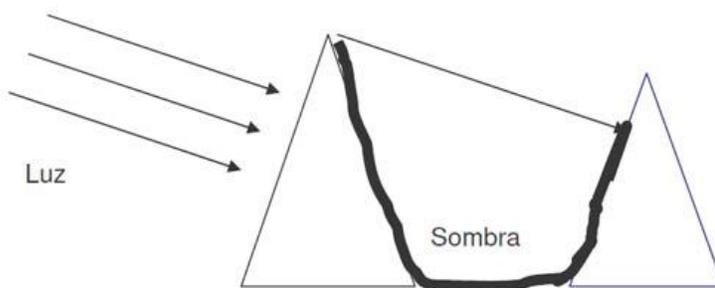
Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Sombreado Oblicuo: Este se forma cuando un objeto es alumbrado mediante un foco de luz ubicado de manera oblicua con relación al cuerpo. (AristaSur , 2012, págs.

<https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Figura 13

Sombreado oblicuo



Fuente: ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?: <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Este es el más usado ya que su interpretación es mucho más sencilla. Para ello primero se hace su ubicación (foco), como patrón, normalmente se acostumbra situar en el ángulo superior izquierdo del mapa (al N.W.) y a una altura virtual de 45° sobre la horizontal. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Extraído del "Curso de Cartografía, Orientación y GPS" de Javier Urrutia. Permitida su reproducción para aplicaciones docentes, culturales y didácticas siempre y cuando éstas no persigan ánimo de lucro ni beneficio particular alguno. (AristaSur , 2012, págs. <https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>)

Meteorología:

Es una de las Ramas de la física la cual estudia y examina fenómenos que se muestran en la Atmosfera, procesos y acciones del clima, la lluvia, los rayos, el viento, etc... Todas estas transformaciones que tiene como función complementarse y generar la formación de nubes y precipitaciones como lluvia, nieve y granizo, intercambios de energía (transportes de calor y vapor de agua), reacciones químicas, fenómenos eléctricos que producen efectos ópticos como los rayos, espejismos, los arcoíris, halos en el sol y la Luna, entre otros. (Nimbus, 2008)

Estación Meteorológica:

Es un artefacto ubicado en un sitio estratégico, usado para capturar datos meteorológicos durante periodos de tiempo específicos, lo cual facilita los análisis de terreno y de los cambios a nivel meteorológico que se den en la zona aledaña a la ubicación del dispositivo. Las estaciones

meteorológicas pueden ser instaladas en cualquier parte del mundo, por lo que existen diferentes tipos, dependiendo de las particularidades del terreno y las necesidades específicas.

(Meteocultura, 2019)

Este tipo de estaciones son usadas principalmente para conocer con cierto nivel de exactitud, las condiciones meteorológicas de la zona, comparar e interpolar los datos con otras estaciones ubicadas en lugares aledaños, capturar y poner a disposición la información necesaria para hacer pronósticos mediante modelos numéricos. (Meteocultura, 2019)

Las estaciones estatales, es decir las instaladas por el gobierno tienen ciertas características que permiten capturar datos numéricos como los de tipo ECWMF o de tipo GFS, los cuales permiten el desarrollo y cálculo de los pronósticos. También facilitan la creación de información y bases de datos climáticas ser usada en agricultura, gestión del riesgo y otros; declarar alertas frente a diferentes fenómenos meteorológicos; la correlación de los fenómenos con la materialización de riesgos geológicos, suceso de accidentes, destrucción de infraestructura, entre otros; (Meteocultura, 2019)

Los usos de las estaciones meteorológicas mencionados anteriormente, se logran a partir del análisis de diferentes variables que estas realizan. Dependiendo del tipo de dispositivo instalado y el lugar de instalación, estos son capaces de capturar la temperatura del aire, la humedad en el ambiente, la presión barométrica, la velocidad y dirección del viento, los niveles de precipitaciones, los niveles de radiación UV, el grosor de la nieve, la temperatura del suelo, la

radiación solar, la visibilidad, los niveles de contaminación del ambiente, la cantidad de horas de luz durante el día y hasta la altura de las nubes. (Meteocultura, 2019)

Región Andina:

De acuerdo con las condiciones naturales del territorio nacional, Colombia se divide en 6 regiones; una de ellas es la región Andina, la cual se ubica en el centro del país y comprende los departamentos localizados en inmediaciones de la cordillera de los Andes. Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Choco, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca son los departamentos que conforman la región Andina. (Colombia.co, s.f.)

Esta región alberga la mayor parte de los recursos hídricos de Colombia, así como una diversidad climática, de flora y de fauna; así mismo, en esta zona del país históricamente se han asentado las principales poblaciones por lo que posee también una cultura muy diversa. (Colombia.co, s.f.)

Rosa de Vientos:

Es la representación gráfica en un lugar en particular sobre la dirección predominante de las diversas velocidades del viento. Este se obtiene desde del cálculo de las frecuencias de ocurrencia determinados por estándares o por el investigador, observadas en intervalos de velocidad y dirección. Se han dividido los 360° en 8 sectores en el presente Atlas de Viento, de la siguiente manera: (IDEAM, Rosa de viento, 2015)

Tabla 1.

División de los 360° en 8 sectores

ABREVIATURA	DIRECCION	GRADOS (desde)	GRADOS (hasta)
N	Norte	337.6	22.5
NE	Noreste	22.6	67.5
E	Este	67.6	112.5
SE	Suroeste	112.6	157.6
S	Sur	157.6	202.6
SW	Suroeste	202.6	247.6
W	Oeste	247.6	292.6
NW	Noroeste	292.6	337.5

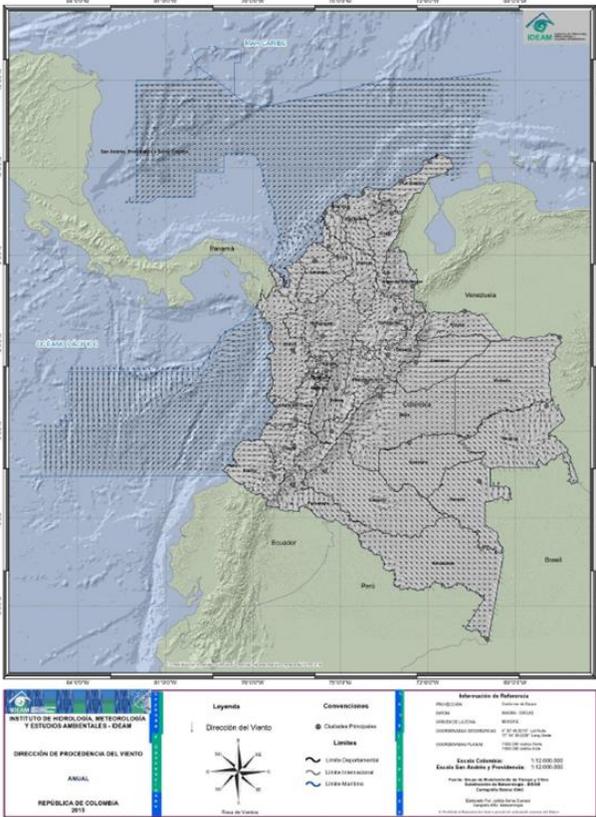
Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/TEXTO----Rosa-de-Viento.pdf>

Dirección del viento:

La dirección define el punto del horizonte desde donde sopla el viento, especifica su procedencia. Normalmente es expresado en grados sexagesimales, utilizando los rumbos de la Rosa de Vientos, a partir del norte geográfico. Las 8 direcciones principales son: Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sureste (SE), Sur (S), Suroeste (SO), Oeste (O) y Noroeste (NE). (IDEAM atlas, 2015)

Figura 14

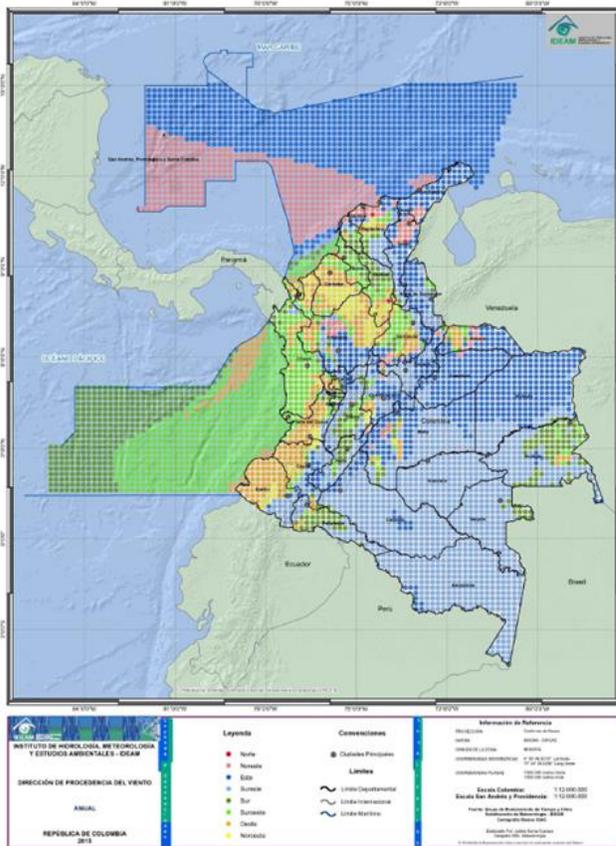
Dirección de procedencia del Viento



Fuente: IDEAM http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Direccion_13.pdf

Figura 15

Dirección de procedencia del Viento



Fuente: IDEAM: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Direccion_13.pdf

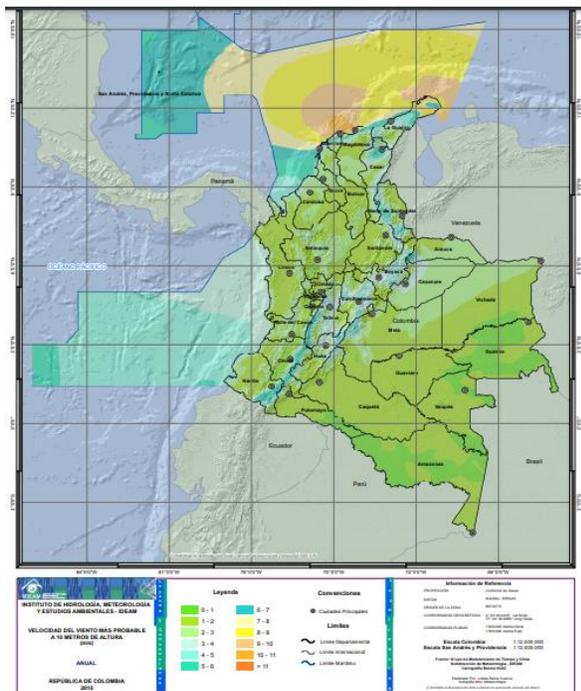
A partir de los mapas adquiridos por la plataforma IDEAM, (ver ilustración 12) “atlas de viento de Colombia” podemos observar, que la dirección de procedencia de los vientos en esta zona son diversos. Limitando con el Tolima; tenemos vientos con direcciones de origen “sur” el cual vemos en el mapa como color verde oscuro, vientos del “suroeste” de color verde claro, del “Oeste” de color naranja, y vientos de dirección “Noroeste” amarillo. En las otras zonas del departamento tenemos vientos de dirección “Este” y “Suroeste” plasmada en el mapa de colores azul oscuro y azul claro respectivamente.

Velocidad del viento más probable:

Estas son las Velocidades de viento que con mayor frecuencia se muestran en un lugar específico, como lo es el departamento de Cundinamarca. El cálculo se ejecuta de acuerdo con instrumentos emplazados a 10 metros de altura sobre la superficie, con base al registro histórico de las informaciones del comportamiento del viento en las estaciones meteorológicas. (IDEAM, Viento mas probable, 2015)

Figura 16

Viento más probable a 10m de altura



Fuente: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Viento-Mas-Probable_13.pdf

Del mapa anterior podemos corroborar que la velocidad del viento más probable en el departamento de Cundinamarca va desde 0 m/s hasta 6 m/s. Está representado en la escala de

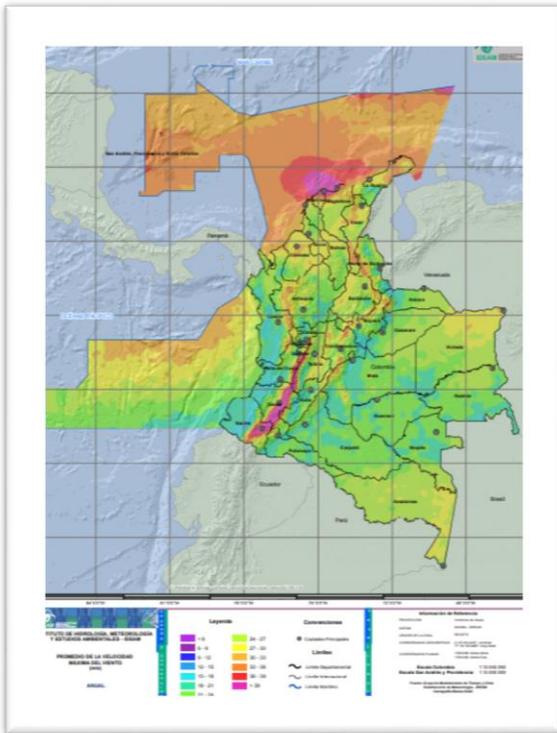
colores verde y azul agua marina. Los rangos máximos se encuentran en la parte del centro del departamento que se expande hacia el suroeste en las provincias del Alto Magdalena, el Tequendama y Medina, hacia el noroeste en las provincias de Ubaté y Almeidas, Y hacia el sur en las provincias del Distrito Capital y Oriente.

Velocidad máximo promedio

La “velocidad media o promedio”, se relaciona con el asunto en que el intervalo de tiempo es finito. Desde la perspectiva física, simboliza la magnitud que establece la fuerza del vector, lo que generalmente es dibujado con una longitud conforme a la velocidad del mismo, en el sentido y la dirección del viento, En los análisis vectoriales, el parámetro se analiza en las componentes zonal (este – oeste) y meridional (norte – sur). (Serna, Promedio de la velocidad maxima IDEAM, 2015)

Figura 17

Promedio de la velocidad maxima



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Promedio-de-la-Velocidad-Maxima.pdf>

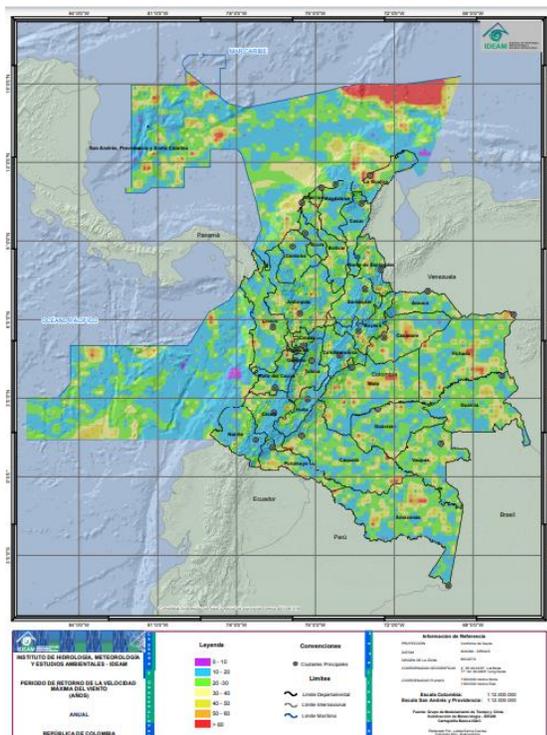
De la ilustración anterior, también extraída de la plataforma del IDEAM, podemos observar del departamento en estudio, el cual tiene tonalidades que parten desde el color verde (en la mayor parte del departamento) el cual representa una velocidad máxima promedio de 18 m/s a 27 m/s, hasta el color naranja como en la provincia de Ubaté, Sabana Centro, al sur del Bajo Magdalena, el norte del Magdalena Centro, y parte de la provincia de Oriente, en el que la velocidad máxima promedio es desde 27 m/s hasta 36 m/s.

Periodo de retorno de la velocidad máxima del viento:

En este tipo análisis, se recomienda considerar todos los datos registrados históricamente de la variable en la estación meteorológica. El periodo de retorno de la velocidad máxima del viento es una cuantificación estadística de la probabilidad de que ocurra un evento máximo a futuro, dentro de un paso de tiempo, este puede ser determinado tanto por los estándares como por el investigador. (IDEAM A. , 2015)

Figura 18

Periodo de retorno de la velocidad maxima del viento.



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Periodo-de-Retorno-de-la-Velocidad-Maxima-del-Viento.pdf>

Como podemos observar en el mapa (ver ilustración 15), el departamento en estudio cuenta con una alta probabilidad de que los periodos de retorno sean más cortos para que la

velocidad de los vientos llegue a su punto máximo. Estos periodos de retorno oscilan entre 10 a 30 años. Ejemplo la capital, tiene un periodo de retorno corto: 10 a 20 años aproximadamente. Por otra parte, la mayor fracción del Oriente de Cundinamarca tiene un periodo de retorno más largo que va hasta los 30 años.

Metodología

Las ideas, es el ente principal por el cual se originan las investigaciones, sin interesar el tipo de modelo que sustente el estudio y enfoque a seguir. Establecen la primera aproximación a la realidad objetiva (óptica cuantitativa), a la realidad subjetiva (desde la aproximación cualitativa) o a la realidad intersubjetiva (desde la visión mixta) que deba de investigarse. (Siampieri, 2014)

El proyecto se desarrolló a través de una investigación mixta, realizando análisis tanto cualitativo como cuantitativo; de manera que se tomaron las principales fortalezas de cada uno de los métodos de análisis para complementarlos entre sí.

Análisis cuantitativo:

Con finalidad de ensayar teorías e instaurar normas de comportamientos, este enfoque usa el recaudo de datos para experimentar hipótesis basándose en análisis estadísticos y las mediciones numéricas. (Siampieri, 2014)

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa depende de la anterior y procede a la siguiente, de cierta manera no se puede pasar por alto o eludir pasos. Todo parte de una idea que va acotándose, y una vez demarcado aparecen los objetivos y preguntas de investigación donde se establecen variables e hipótesis, siguiente se genera un plan de diseño donde valoran un determinado entorno, se procede a la inspección de literatura y allí se edifica un

marco teórico, con lo anterior se examina las mediciones obtenidas usando la estadística y finalmente se sacan las conclusiones. (Siampieri, 2014)

Este enfoque cuenta con características como la necesidad de valorar el tamaño de los problemas de investigación, una vez planteado el problema aparecen varias hipótesis, el análisis de los datos cuantitativos se deduce a estudios anticipados y predicciones iniciales, la comprensión de ellos se fundamenta en una explicación de estos resultados acoplados en el conocimiento. (Siampieri, 2014)

Análisis cualitativo:

Éste tipo de enfoque usa la recolección y análisis de los datos para posteriormente perfeccionar las preguntas de investigación o descubrir inquietudes nuevas en el proceso de deducción de ellas. En la recolección e interpretación de datos de los estudios cualitativos pueden aparecer preguntas antes y durante de ellas, estas actividades sirven para encontrar las preguntas más importantes, y posteriormente modificarlas (en dado el caso) y responderlas. (Siampieri, 2014)

El análisis cualitativo también hace referencia asuntos significativos de investigación, y Proceda a la recopilación de la información (como es normal en estudios cuantitativos), a cambio de la transparencia de las preguntas de investigación (Siampieri, 2014)

La busca de información se realiza de manera activa entre los hechos y su interpretación, y puede pasar que no siempre la secuencia se cumple, teniendo en cuenta que cada estudio es diferente. El enfoque cualitativo Además pretende “dispersión o expansión” de la información, hay diversas realidades construidas en la investigación, que discrepan en su forma y contenido entre otros grupos, es por tal motivo que el investigador cualitativo solo puede sentirse entendido desde la posición de los actores en estudio ya que parte de la hipótesis “que el mundo social es relativo”. (Siampieri, 2014)

Investigación mixto:

El enfoque de esta investigación es relativamente nuevo, representa un grupo de procesos sistemáticos y empíricos, así como su integración y discusión conjunta, involucra recolección, análisis e integración de los datos cuantitativos y cualitativos utilizando las fortalezas de los dos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales, su interpretación es producto de toda la información recolectada, de esta manera genera inferencias con ellos y a su vez metainferencias. Los diseños generales son concurrentes, secuenciales, o de integración. Este método cuenta con unas características especiales como lo es tener una perspectiva más amplia y profunda, y unos datos más variados. (Siampieri, 2014)

Uno de los factores detonantes en la necesidad de usar este tipo de enfoque es la dificultad natural de la pluralidad de los problemas de la investigación planteada en las diferentes ciencias. Ellas figuran por dos tipos de realidades como la objetiva: que podría ser lo tangible y la realidad

subjetiva: que es la integrada por realidades diversas, se experimentan emociones, vivencias únicas, deseos y sentimientos (Siampieri, 2014)

Las etapas en las que normalmente se integran los enfoques cuantitativo y cualitativo son básicamente en: el planteamiento del problema, el diseño de investigación, el muestreo, la recolección de los datos, los procedimientos de análisis y/o interpretación de los datos (Siampieri, 2014)

Con lo anterior se puede concluir que se realizó un análisis cuantitativo al utilizar los datos numéricos obtenidos del IDEAM para representar el comportamiento de las lluvias en el departamento de Cundinamarca; también al realizar el análisis estadístico primario y secundario de dichos datos; y en el cálculo de las isohietas y del valor de las mismas. El análisis cualitativo se llevó a cabo cuando se describieron las isohietas, sus comportamientos y distribución especial

Instrumentos o herramientas usadas:

Los orígenes primarios de información de este proyecto en estudio, estuvieron conformadas por los datos pluviométricos y pluviográficos extraídos en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Las fuentes secundarias estuvieron constituidas por componentes bibliográficos vinculados con el estudio de intensidades por medio de la edificación de curvas IDF. (Corzo Oviedo & Pinilla Mora, 2015)

Procedimiento

A continuación, se enumeran los pasos realizados para poder obtener los resultados del proyecto.

Creación de mapas isoyetas:

1. Obtención de los datos de precipitaciones en formato multianual:

Se inició con la descarga de los datos de precipitación de cada una de las estaciones pluviométricas instaladas por el IDEAM en el departamento de Cundinamarca. En total se descargó la información proveniente de 110 estaciones con precipitaciones mensuales.(ver en anexos)

2. Depuración de los datos interanuales:

Teniendo en cuenta que se necesitaba tener los datos de cada una de las estaciones por el mismo periodo de tiempo, en este caso desde 01 de enero de 1990 hasta 31 de diciembre del 2019; se descartaron las estaciones que iniciaran las mediciones en años posteriores a 1990 o que no tuviesen datos asociados para lapsos de tiempos comprendidos entre el tiempo de interés.

3. Análisis inicial de datos interanuales:

Una vez depurados los datos, en Excel se organizó la información de cada uno de los años de interés.

- Suma de precipitaciones mensuales, calculado para cada uno de los 29 años del periodo de tiempo de interés. obteniendo como resultado la totalidad de lluvia anual de cada estación
- Promedio de lluvia mes a mes a lo largo de los 29 años. Es decir, promedio de lluvias de todos los eneros, febreros y demás meses durante los 29 años.

Es de importancia recalcar que cada Excel debió ser guardado como documento CSV para el siguiente paso.

4. Análisis secundario de datos interanuales:

Por medio de la herramienta AutoCAD 3D se llevó a cabo el análisis secundario de los datos; cargamos los puntos (generados anteriormente) y de allí partimos a generar las superficies con algunas configuraciones como alturas entre las cotas de nivel, se especifica el color, etc, obteniendo como resultado mapas de los 12 meses y del total anual, representando sus precipitaciones durante 29 años y cada una de las estaciones utilizadas. (ver en anexos)

Creación de curvas idf

5. Obtención de los datos correspondientes a las precipitaciones diarias:

Desde la página oficial del IDEAM se descargaron los datos de precipitaciones de los 29 años de interés (no fue posible descargar mayor cantidad de años, ya que la plataforma no lo permite) y de las estaciones pluviométricas que hicieron mediciones durante este periodo de tiempo; esta vez la información fue capturada diariamente. En total se descargó la información proveniente de 300 estaciones pluviométricas, pero el análisis se hizo solo sobre las estaciones ubicadas en los municipios del piedemonte llanero que correspondan al departamento de Cundinamarca.

6. Depuración de los datos diarios:

Nuevamente se depuraron los datos y se descartaron las estaciones que no realizaron mediciones durante TODO el periodo de tiempo de interés.

7. Análisis inicial de los datos diarios:

En Excel, se buscó el valor mayor de precipitación de cada mes; es decir, se estableció el día más lluvioso de cada uno de los meses comprendidos entre el año 1990 y 2019.

8. Análisis secundario de los datos diarios:

La realización de las curvas IDF se hace en formato Excel (facilitado por el tutor), allí, se diligenció una tabla donde en las columnas están los meses de enero a diciembre, y en las filas; los años de 1990 a 2019, a partir de estos datos, el Excel previamente programado, automáticamente nos arroja las gráficas. (ver en anexos)

Cronograma

Tabla 2.

Cronograma de actividades

Descripción de actividades	semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Revisión literaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Consecución de información y procesamiento		X	X													
Elaboración de planos y curvas IDF								X	X	X	X					
Desarrollo de informe												X	X	X	X	

Fuente: Propia

Resultados

Curvas IDF

Figura 19

Curva IDF de la estación Escuela Tena, municipio de Gachalá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación:	ESCUELA TENA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.52069	Cota =
Municipio:	Gachalá		Y = 4.7126944	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

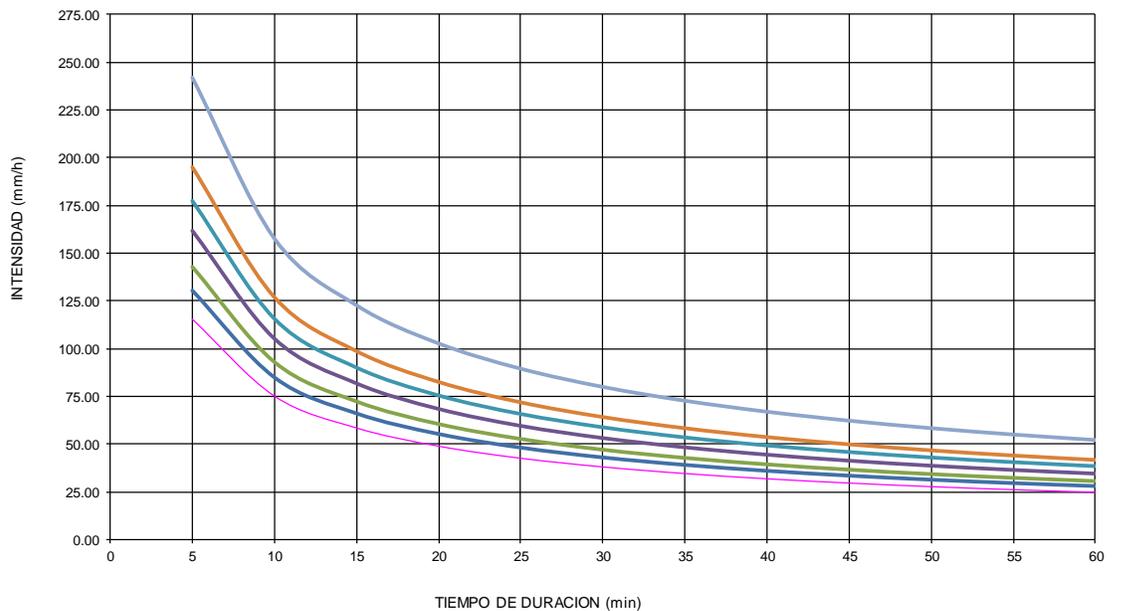
$$I = \frac{283.6901 * T^{0.134698}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Periodo de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorn años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	115.04	74.91	58.29	48.78	42.49	37.96	34.50	31.77	29.53	27.67	26.08	24.72
5	130.15	84.75	65.94	55.19	48.07	42.94	39.03	35.94	33.41	31.30	29.51	27.96
10	142.88	93.05	72.40	60.59	52.78	47.14	42.85	39.46	36.68	34.37	32.40	30.70
25	161.65	105.27	81.91	68.55	59.71	53.34	48.48	44.64	41.50	38.88	36.65	34.73
50	177.47	115.57	89.92	75.26	65.55	58.56	53.23	49.01	45.56	42.69	40.24	38.13
100	194.84	126.88	98.72	82.62	71.97	64.29	58.44	53.80	50.02	46.86	44.18	41.86
500	242.01	157.59	122.62	102.62	89.39	79.85	72.58	66.83	62.13	58.21	54.87	52.00

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 20

Curva IDF de la estación Esperanza, municipio de Manta Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: ESPERANZA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.20072	Cota =
Municipio: Manta		Y = 5.0043333	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

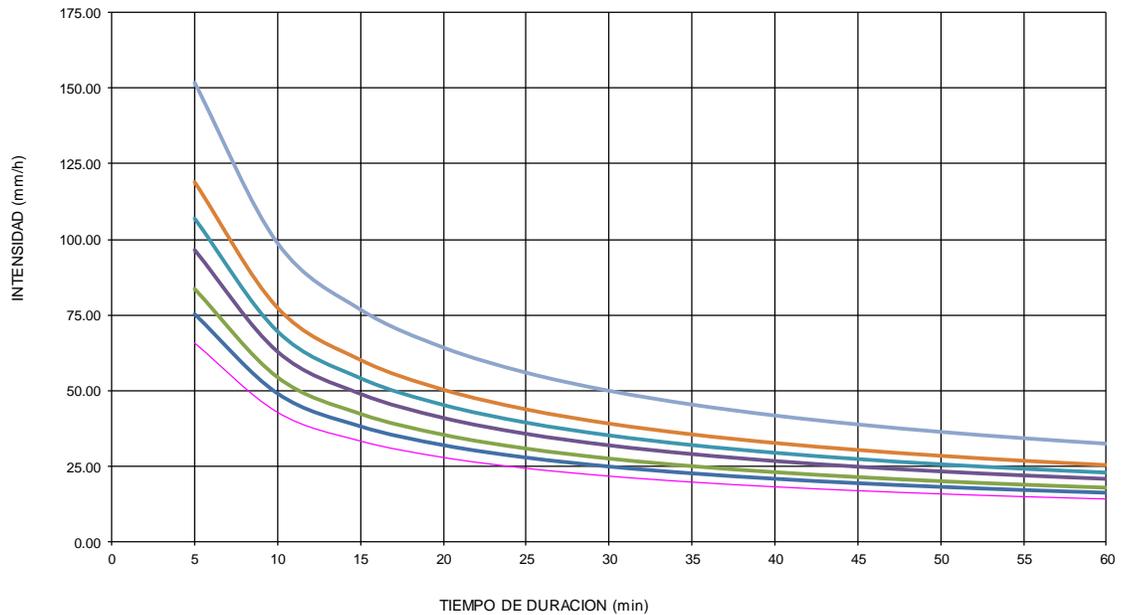
$$I = \frac{159.6599 * T^{0.152298}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Periodo de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Periodo de retorno años	Tabla de intensidades - Tiempo de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	65.54	42.68	33.21	27.79	24.21	21.62	19.66	18.10	16.82	15.76	14.86	14.08
5	75.35	49.07	38.18	31.95	27.83	24.86	22.60	20.81	19.34	18.12	17.09	16.19
10	83.74	54.53	42.43	35.51	30.93	27.63	25.12	23.12	21.50	20.14	18.99	17.99
25	96.28	62.70	48.78	40.83	35.56	31.77	28.88	26.59	24.72	23.16	21.83	20.69
50	107.00	69.68	54.22	45.37	39.52	35.30	32.09	29.55	27.47	25.74	24.26	22.99
100	118.91	77.44	60.25	50.43	43.92	39.24	35.67	32.84	30.53	28.60	26.96	25.55
500	151.95	98.95	76.99	64.43	56.12	50.13	45.57	41.96	39.01	36.55	34.45	32.65

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 21

Curva IDF de la estación Fόμεque, municipio de Fόμεque Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: FOMEQUE	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.8904167	Cota =
Municipio Fomeque		Y = 4.48652778	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

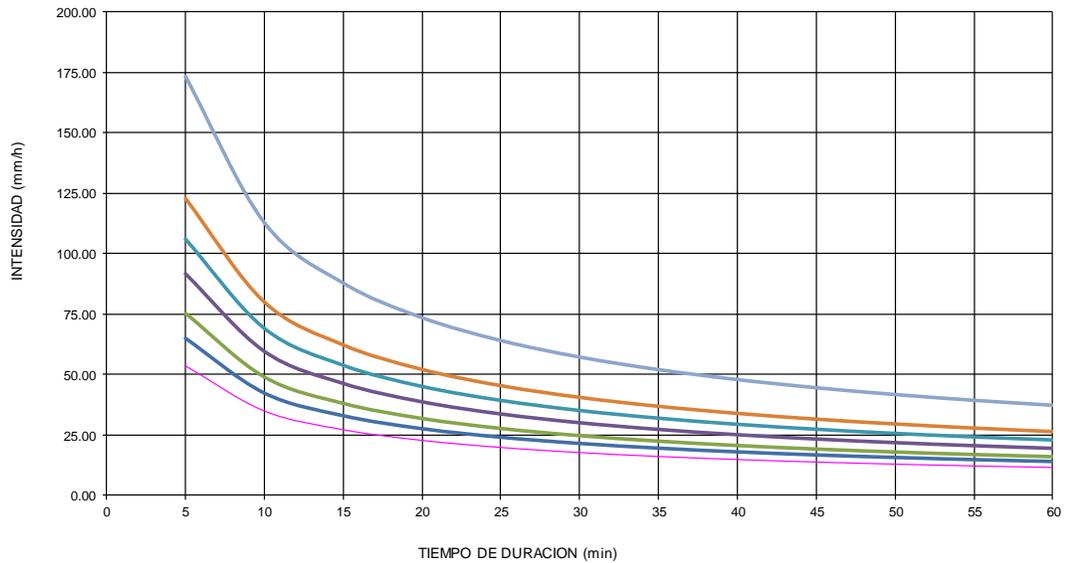
$$I = \frac{124.7838 * T^{0.212981}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	53.42	34.79	27.07	22.65	19.73	17.63	16.02	14.75	13.71	12.85	12.11	11.48
5	64.93	42.28	32.90	27.53	23.98	21.42	19.48	17.93	16.67	15.62	14.72	13.95
10	75.26	49.01	38.13	31.92	27.80	24.83	22.57	20.78	19.32	18.10	17.07	16.17
25	91.48	59.57	46.35	38.79	33.79	30.18	27.44	25.26	23.49	22.00	20.74	19.66
50	106.04	69.05	53.73	44.96	39.16	34.99	31.80	29.28	27.22	25.50	24.04	22.78
100	122.90	80.03	62.27	52.12	45.39	40.55	36.86	33.94	31.55	29.56	27.87	26.41
500	173.15	112.76	87.73	73.43	63.95	57.13	51.93	47.81	44.45	41.65	39.26	37.20

Curvas IDF de la cuenca



. Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 22

Curva IDF de la estación Gachetá, municipio de Gachetá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación:	GACHETA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.646
Municipio:	GACHETA		Y = 4.83039
			Cota =

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{152.4266 * T^{0.156586}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

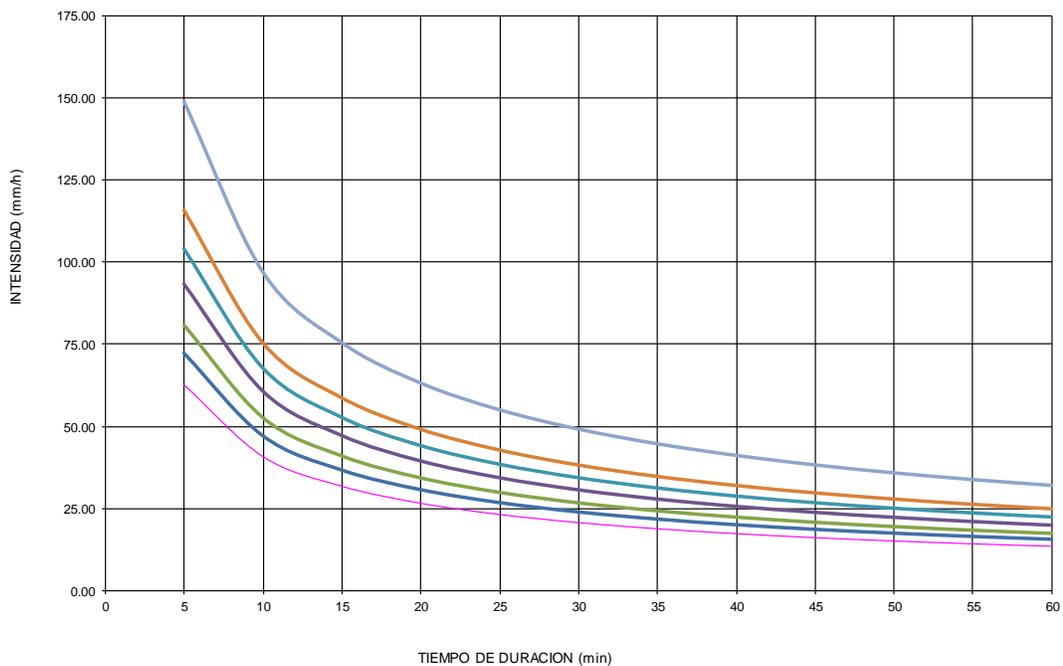
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	62.75	40.86	31.80	26.61	23.18	20.71	18.82	17.33	16.11	15.09	14.23	13.48
5	72.44	47.17	36.70	30.72	26.75	23.90	21.73	20.00	18.60	17.42	16.42	15.56
10	80.74	52.58	40.91	34.24	29.82	26.64	24.22	22.30	20.73	19.42	18.31	17.35
25	93.20	60.69	47.22	39.52	34.42	30.75	27.95	25.74	23.93	22.42	21.13	20.02
50	103.88	67.65	52.63	44.05	38.37	34.28	31.16	28.69	26.67	24.99	23.55	22.32
100	115.79	75.40	58.67	49.10	42.77	38.20	34.73	31.97	29.73	27.85	26.25	24.88
500	148.98	97.01	75.48	63.17	55.03	49.15	44.68	41.14	38.25	35.83	33.78	32.01

Curvas IDF de la cuenca



. Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 23

Curva IDF de la estación Gachalá, municipio de Gachalá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: GACHALA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.5229167	Cota =
Municipio GACHALA		Y = 4.69052778	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

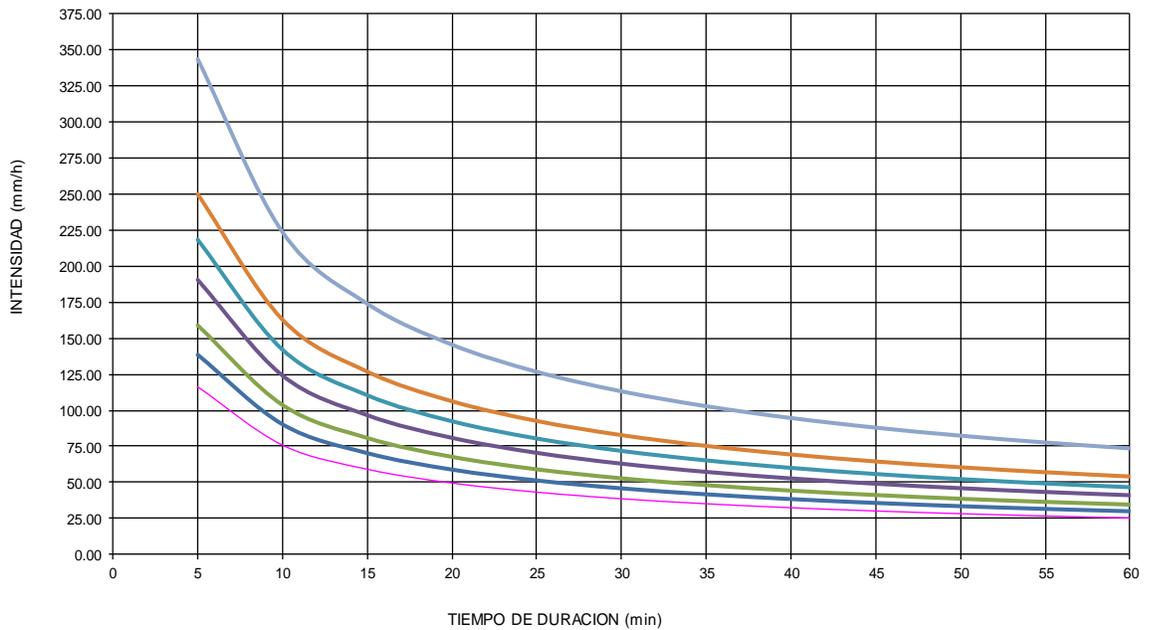
$$I = \frac{274.2182 * T^{0.196475}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Periodo de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	116.06	75.58	58.81	49.22	42.87	38.29	34.81	32.05	29.80	27.91	26.32	24.94
5	138.95	90.49	70.41	58.92	51.32	45.85	41.68	38.37	35.67	33.42	31.51	29.86
10	159.23	103.69	80.68	67.52	58.81	52.54	47.76	43.97	40.88	38.30	36.10	34.21
25	190.63	124.14	96.59	80.84	70.41	62.90	57.18	52.64	48.94	45.85	43.23	40.96
50	218.45	142.25	110.68	92.63	80.68	72.08	65.52	60.32	56.08	52.54	49.53	46.93
100	250.32	163.00	126.83	106.15	92.46	82.59	75.08	69.12	64.26	60.21	56.76	53.78
500	343.42	223.63	174.00	145.63	126.84	113.31	103.00	94.83	88.16	82.60	77.87	73.79

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 24

Curva IDF de la estación Gama, municipio de Gama Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: GAMA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.61	Cota =
Municipio Gama		Y = 4.76428	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{196.6841 * T^{0.182928}}{0.61885 t}$$

Donde:

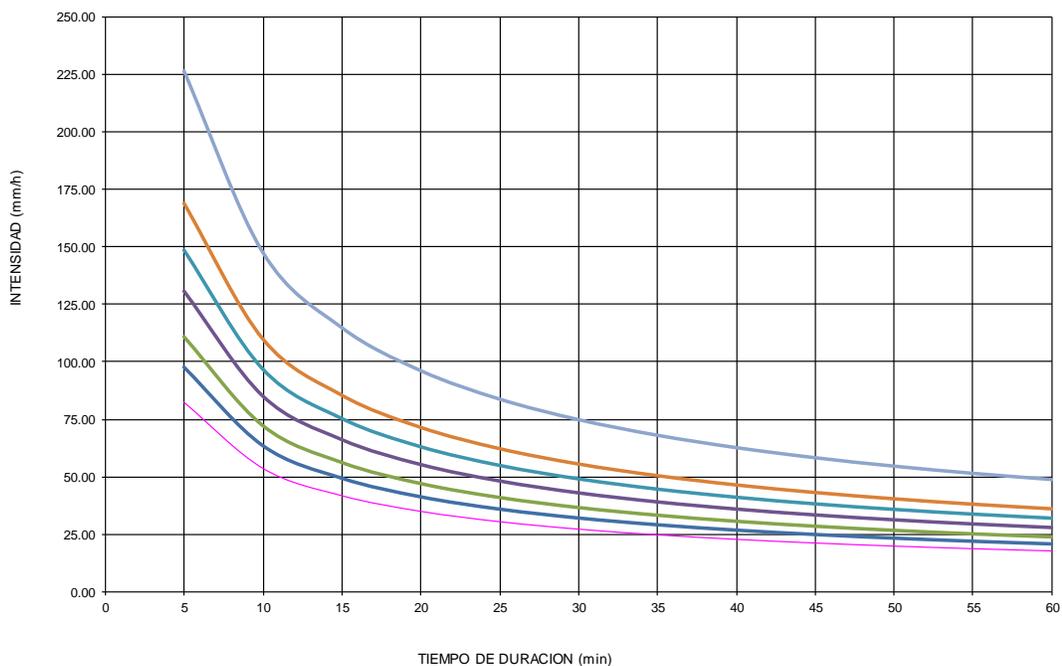
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	82.47	53.70	41.78	34.97	30.46	27.21	24.73	22.77	21.17	19.83	18.70	17.72
5	97.52	63.50	49.41	41.35	36.02	32.17	29.25	26.93	25.03	23.45	22.11	20.95
10	110.70	72.09	56.09	46.94	40.89	36.52	33.20	30.57	28.42	26.63	25.10	23.78
25	130.90	85.24	66.32	55.51	48.35	43.19	39.26	36.15	33.60	31.48	29.68	28.12
50	148.59	96.76	75.29	63.01	54.88	49.03	44.57	41.03	38.15	35.74	33.69	31.93
100	168.68	109.84	85.47	71.53	62.30	55.66	50.59	46.58	43.30	40.57	38.25	36.24
500	226.43	147.45	114.73	96.02	83.63	74.71	67.91	62.52	58.13	54.46	51.34	48.65

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 25

Curva IDF de la estación Gloria La, municipio de Ubalá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: GLORIA LA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.42	Cota =
Municipio Ubalá		Y = 4.81569	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{0.117890 \cdot 365.6296 \cdot T}{0.61885 \cdot t}$$

Donde:

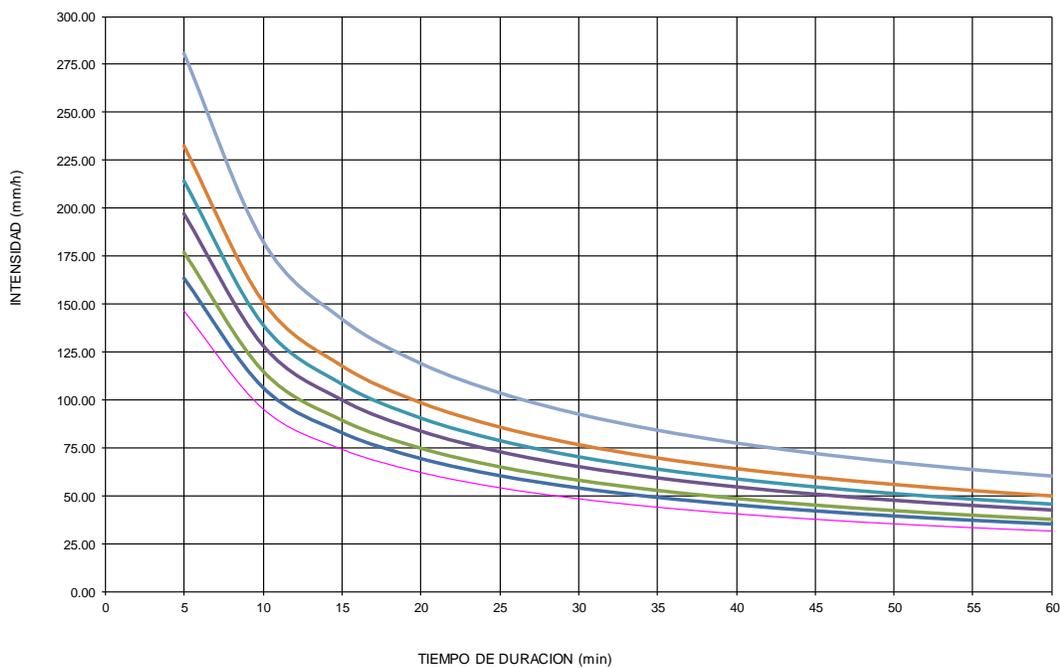
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	146.55	95.43	74.25	62.14	54.13	48.35	43.95	40.47	37.62	35.25	33.23	31.49
5	163.26	106.31	82.72	69.23	60.30	53.87	48.97	45.08	41.91	39.27	37.02	35.08
10	177.16	115.37	89.77	75.13	65.44	58.45	53.14	48.92	45.48	42.61	40.17	38.06
25	197.37	128.53	100.00	83.70	72.90	65.12	59.20	54.50	50.67	47.47	44.75	42.41
50	214.18	139.47	108.52	90.82	79.11	70.67	64.24	59.14	54.98	51.51	48.56	46.02
100	232.41	151.35	117.76	98.56	85.84	76.68	69.71	64.18	59.67	55.90	52.70	49.94
500	280.97	182.97	142.36	119.15	103.78	92.71	84.27	77.59	72.13	67.58	63.71	60.37

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 26

Curva IDF de la estación Guasca, municipio de Guasca Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación:	GUASCA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.8681111
Municipio:	GUASCA		Y = 4.87986111
			Cota =

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{157.1456 * T^{0.140831}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

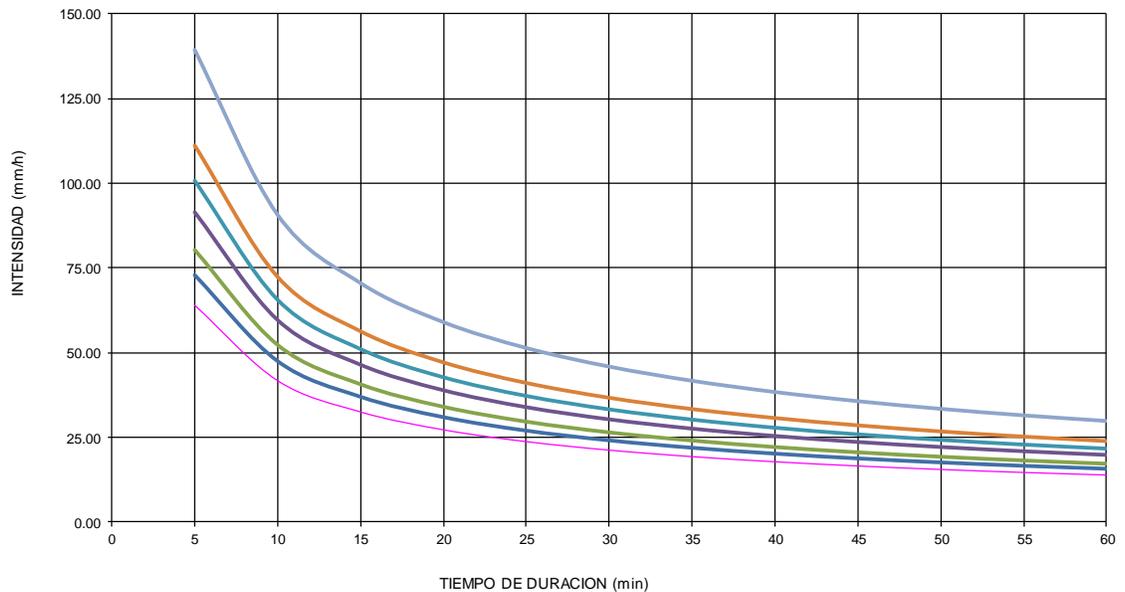
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	63.99	41.67	32.42	27.14	23.64	21.11	19.19	17.67	16.43	15.39	14.51	13.75
5	72.81	47.41	36.89	30.87	26.89	24.02	21.84	20.11	18.69	17.51	16.51	15.64
10	80.27	52.27	40.67	34.04	29.65	26.49	24.08	22.17	20.61	19.31	18.20	17.25
25	91.33	59.47	46.28	38.73	33.73	30.13	27.39	25.22	23.45	21.97	20.71	19.62
50	100.70	65.57	51.02	42.70	37.19	33.22	30.20	27.81	25.85	24.22	22.83	21.64
100	111.02	72.30	56.25	47.08	41.01	36.63	33.30	30.66	28.50	26.70	25.17	23.85
500	139.27	90.69	70.56	59.06	51.44	45.95	41.77	38.46	35.75	33.50	31.58	29.92

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 27

Curva IDF de la estación Gutierrez, municipio de Gutierrez Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación:	GUTIERREZ	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -74.0026944
Denominación:	GUTIERREZ		Y = 4.25391667
		Cota =	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{170.1082 * T^{0.123272}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

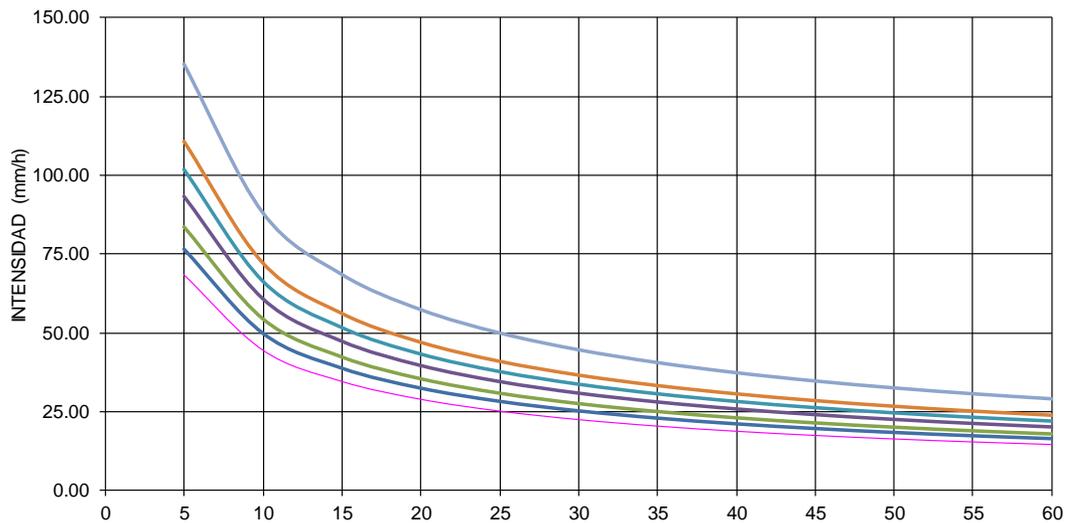
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	68.43	44.56	34.67	29.02	25.28	22.58	20.53	18.90	17.57	16.46	15.52	14.70
5	76.62	49.89	38.82	32.49	28.30	25.28	22.98	21.16	19.67	18.43	17.37	16.46
10	83.45	54.34	42.28	35.39	30.82	27.53	25.03	23.04	21.42	20.07	18.92	17.93
25	93.43	60.84	47.34	39.62	34.51	30.83	28.02	25.80	23.99	22.47	21.19	20.07
50	101.77	66.27	51.56	43.15	37.59	33.58	30.52	28.10	26.13	24.48	23.07	21.87
100	110.84	72.18	56.16	47.00	40.94	36.57	33.24	30.61	28.46	26.66	25.13	23.82
500	135.17	88.02	68.49	57.32	49.93	44.60	40.54	37.32	34.70	32.51	30.65	29.04

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 28

Curva IDF de la estación Hato Grande, municipio de Manta Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: HATO GRAN	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.58436	Cota =
Municipio: Manta		Y = 4.9593889	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{185.7669 * T^{0.121266}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

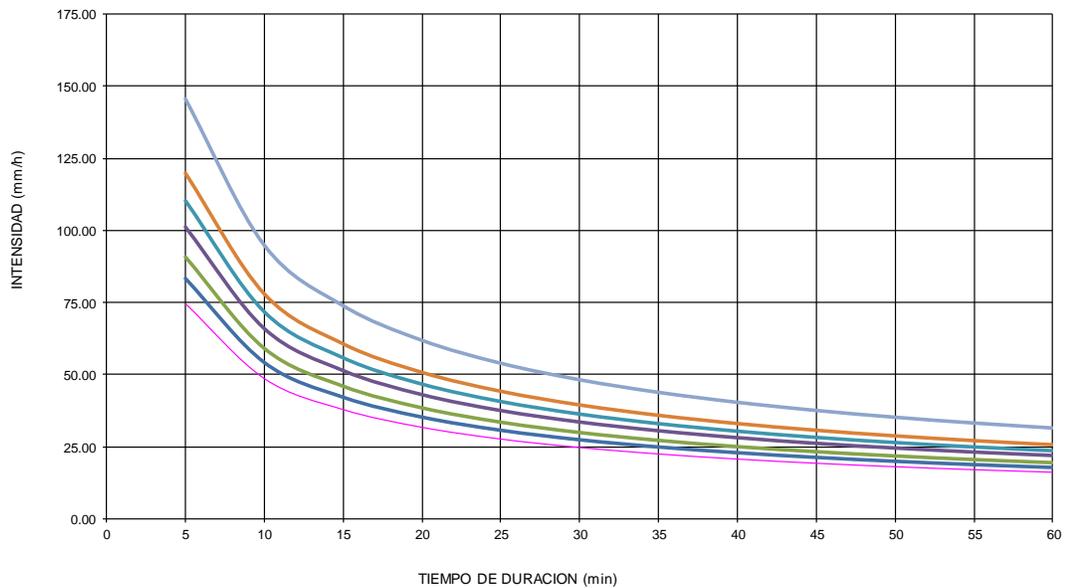
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
odo de ret años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	74.63	48.60	37.81	31.65	27.57	24.62	22.38	20.61	19.16	17.95	16.92	16.03
5	83.40	54.31	42.26	35.37	30.80	27.52	25.01	23.03	21.41	20.06	18.91	17.92
10	90.71	59.07	45.96	38.47	33.51	29.93	27.21	25.05	23.29	21.82	20.57	19.49
25	101.38	66.01	51.37	42.99	37.44	33.45	30.41	27.99	26.03	24.38	22.99	21.78
50	110.27	71.80	55.87	46.76	40.73	36.38	33.07	30.45	28.31	26.52	25.00	23.69
100	119.93	78.10	60.77	50.86	44.30	39.57	35.97	33.12	30.79	28.85	27.19	25.77
500	145.78	94.93	73.87	61.82	53.85	48.10	43.72	40.26	37.43	35.06	33.06	31.32

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 29

Curva IDF de la estación Junín, municipio de Junín Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: JUNIN	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.6687222	Cota =
Municipio JUNIN		Y = 4.79222222	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

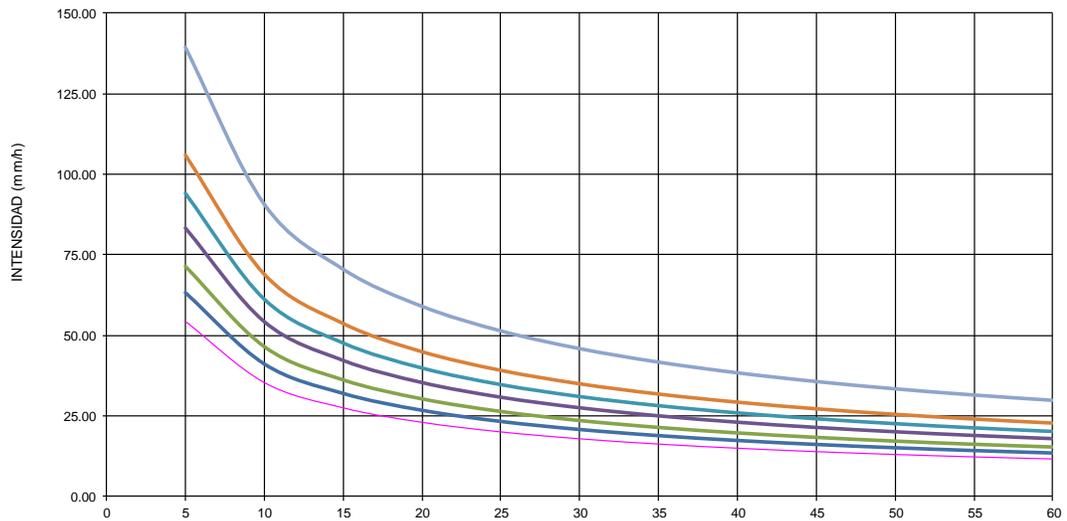
$$I = \frac{130.2470 * T^{0.171059}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	54.16	35.27	27.44	22.97	20.01	17.87	16.24	14.96	13.91	13.03	12.28	11.64
5	63.35	41.26	32.10	26.87	23.40	20.90	19.00	17.49	16.26	15.24	14.37	13.61
10	71.33	46.45	36.14	30.25	26.35	23.53	21.39	19.70	18.31	17.16	16.17	15.33
25	83.43	54.33	42.27	35.38	30.82	27.53	25.02	23.04	21.42	20.07	18.92	17.93
50	93.94	61.17	47.60	39.83	34.70	30.99	28.17	25.94	24.12	22.59	21.30	20.18
100	105.76	68.87	53.59	44.85	39.06	34.90	31.72	29.20	27.15	25.44	23.98	22.72
500	139.28	90.70	70.57	59.06	51.44	45.96	41.77	38.46	35.76	33.50	31.58	29.93

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 30

Curva IDF de la estación Laguna Chingaza, municipio de Fómeque Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	Laguna chingaza	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.66872	Cota =
Municipio	Fomeque		Y =	4.7922222	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{99.6619 * T^{0.280250}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

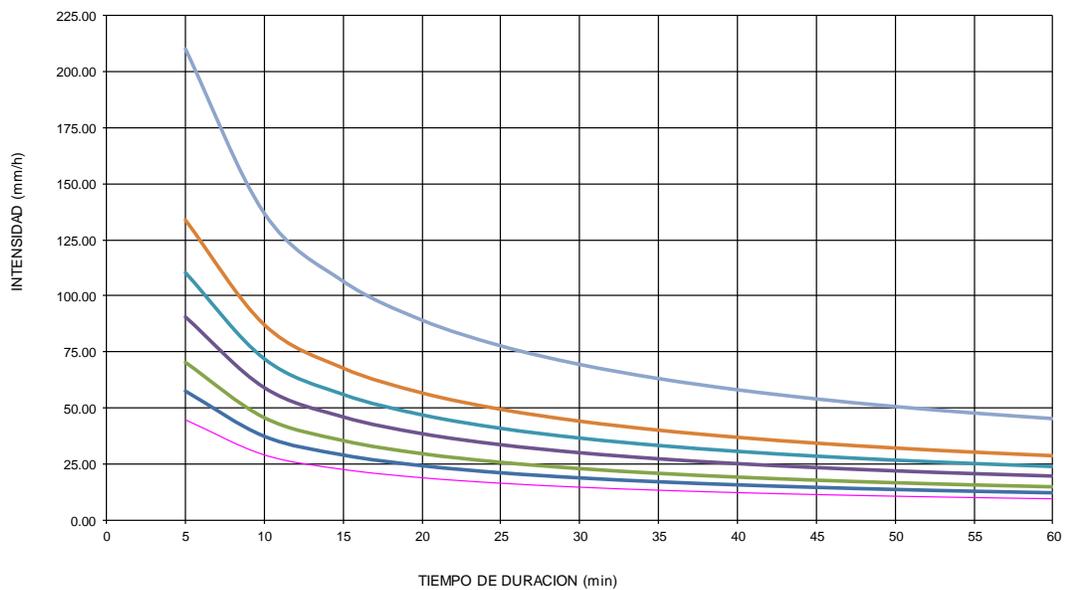
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
odo de ret años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	44.70	29.11	22.65	18.96	16.51	14.75	13.41	12.34	11.48	10.75	10.14	9.60
5	57.79	37.63	29.28	24.51	21.35	19.07	17.33	15.96	14.84	13.90	13.10	12.42
10	70.18	45.70	35.56	29.76	25.92	23.16	21.05	19.38	18.02	16.88	15.91	15.08
25	90.73	59.08	45.97	38.47	33.51	29.94	27.21	25.05	23.29	21.82	20.57	19.49
50	110.18	71.75	55.83	46.72	40.70	36.35	33.05	30.43	28.29	26.50	24.98	23.67
100	133.80	87.13	67.80	56.74	49.42	44.15	40.13	36.95	34.35	32.18	30.34	28.75
500	210.07	136.79	106.44	89.08	77.59	69.31	63.00	58.01	53.93	50.53	47.63	45.13

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 31

Curva IDF de la estación Choachí, municipio de Choachí Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	CHOACHI	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.933	Cota =	1950
Denominación:	Cundinama		Y =	4.53333		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{166.6886 * T^{0.205830}}{0.61885 t}$$

Donde:

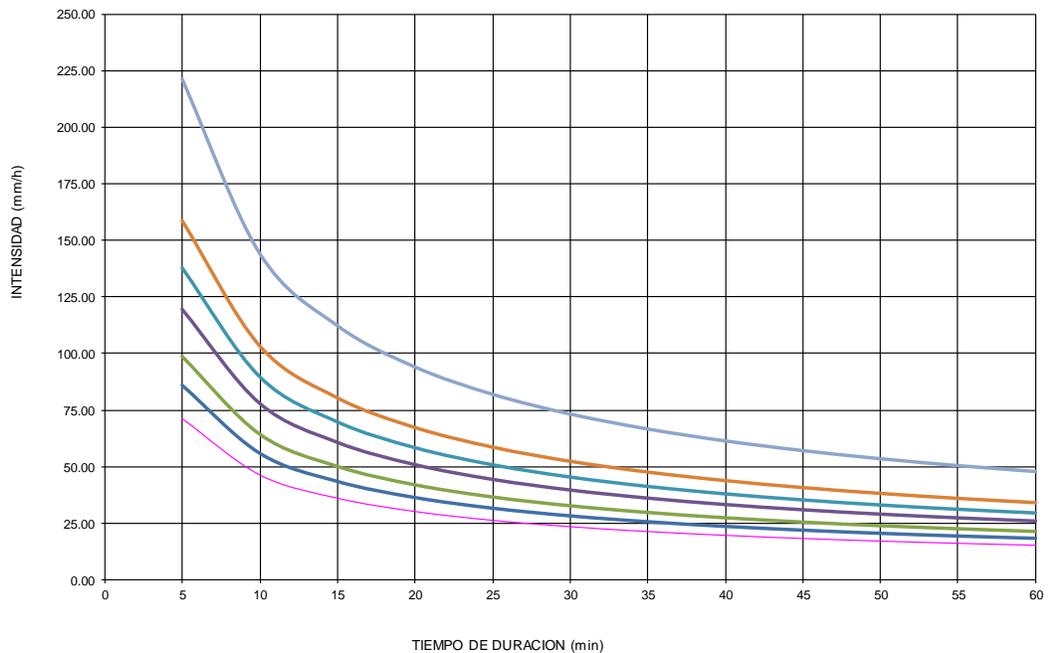
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación

Período de	Tabla de intensidades - Tiempo de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	71.01	46.24	35.98	30.11	26.23	23.43	21.30	19.61	18.23	17.08	16.10	15.26
5	85.75	55.84	43.45	36.36	31.67	28.29	25.72	23.68	22.01	20.62	19.44	18.42
10	98.90	64.40	50.11	41.94	36.53	32.63	29.66	27.31	25.39	23.79	22.42	21.25
25	119.42	77.77	60.51	50.64	44.11	39.40	35.82	32.98	30.66	28.72	27.08	25.66
50	137.74	89.69	69.79	58.41	50.87	45.45	41.31	38.03	35.36	33.13	31.23	29.59
100	158.86	103.45	80.49	67.36	58.67	52.41	47.65	43.87	40.78	38.21	36.02	34.13
500	221.25	144.07	112.10	93.82	81.72	73.00	66.36	61.09	56.80	53.21	50.17	47.54

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 32

Curva IDF de la estación Claraval, municipio de Junin Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	CLARAVAL	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.641	Cota = 2100
Denominación:	Junin		Y =	4.65025	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{215.2113 * T^{0.106902}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

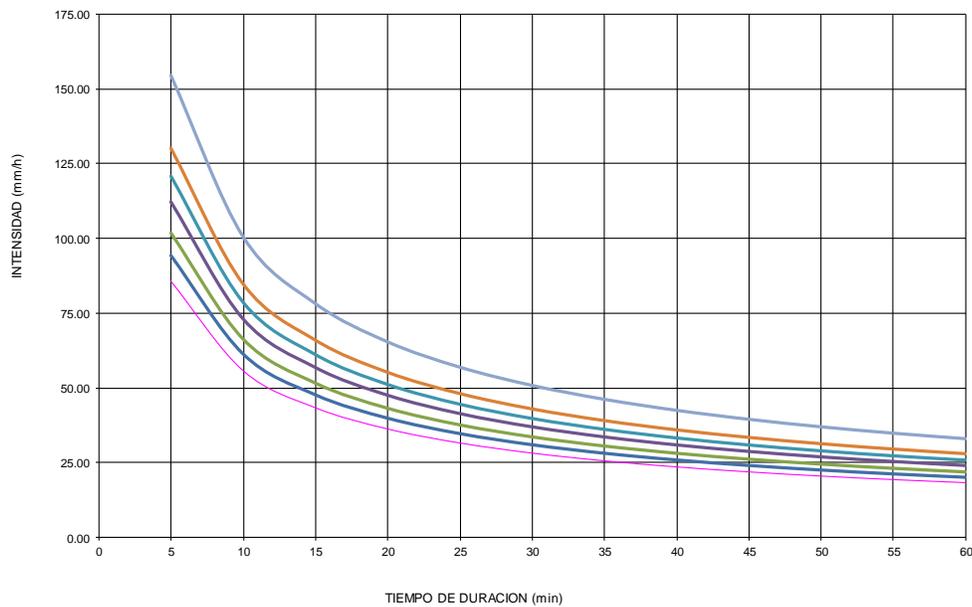
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	85.60	55.74	43.37	36.30	31.62	28.24	25.67	23.64	21.98	20.59	19.41	18.39
5	94.41	61.48	47.84	40.04	34.87	31.15	28.32	26.07	24.24	22.71	21.41	20.29
10	101.67	66.21	51.52	43.11	37.55	33.55	30.49	28.08	26.10	24.45	23.05	21.85
25	112.14	73.02	56.82	47.55	41.42	37.00	33.63	30.97	28.79	26.97	25.43	24.09
50	120.76	78.64	61.19	51.21	44.60	39.85	36.22	33.35	31.00	29.05	27.38	25.95
100	130.05	84.69	65.89	55.15	48.03	42.91	39.01	35.91	33.39	31.28	29.49	27.94
500	154.47	100.59	78.27	65.50	57.05	50.97	46.33	42.65	39.66	37.15	35.02	33.19

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 33

Curva IDF de la estación Cabrera, municipio de Cabrera Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación:	CABRERA [2]	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.48356
Denominación:	Cundinama		Y =	3.9869722
			Cota =	1900

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

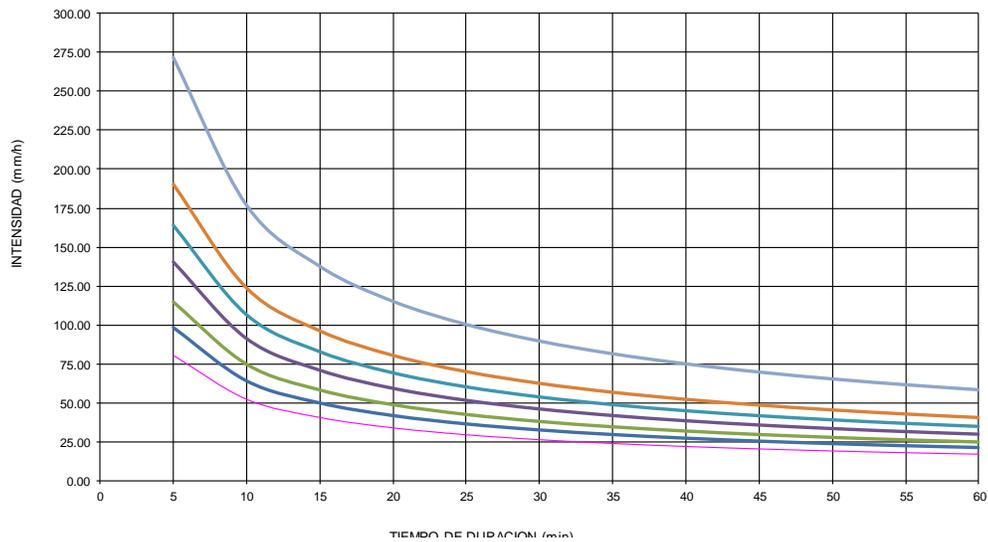
$$I = \frac{187.8318 * T^{0.219402}}{0.61885 t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Periodo de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
PERIODO DE	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	80.77	52.60	40.93	34.25	29.83	26.65	24.23	22.30	20.74	19.43	18.31	17.35
5	98.76	64.31	50.04	41.88	36.48	32.58	29.62	27.27	25.35	23.75	22.39	21.22
10	114.98	74.87	58.26	48.76	42.47	37.94	34.48	31.75	29.52	27.65	26.07	24.70
25	140.58	91.54	71.23	59.61	51.92	46.38	42.16	38.82	36.09	33.81	31.88	30.20
50	163.67	106.58	82.93	69.40	60.45	54.00	49.09	45.20	42.02	39.37	37.11	35.17
100	190.55	124.09	96.55	80.80	70.38	62.87	57.15	52.62	48.92	45.83	43.21	40.94
500	271.25	176.64	137.44	115.02	100.19	89.50	81.35	74.90	69.64	65.24	61.50	58.28

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 34

Curva IDF de la estación Choachí 2, municipio de Choachí Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	CHOACHI	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.927	Cota =	1950
Denominación:	Cundinamarca		Y =	4.52292		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{145.8767 * T^{0.181075}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

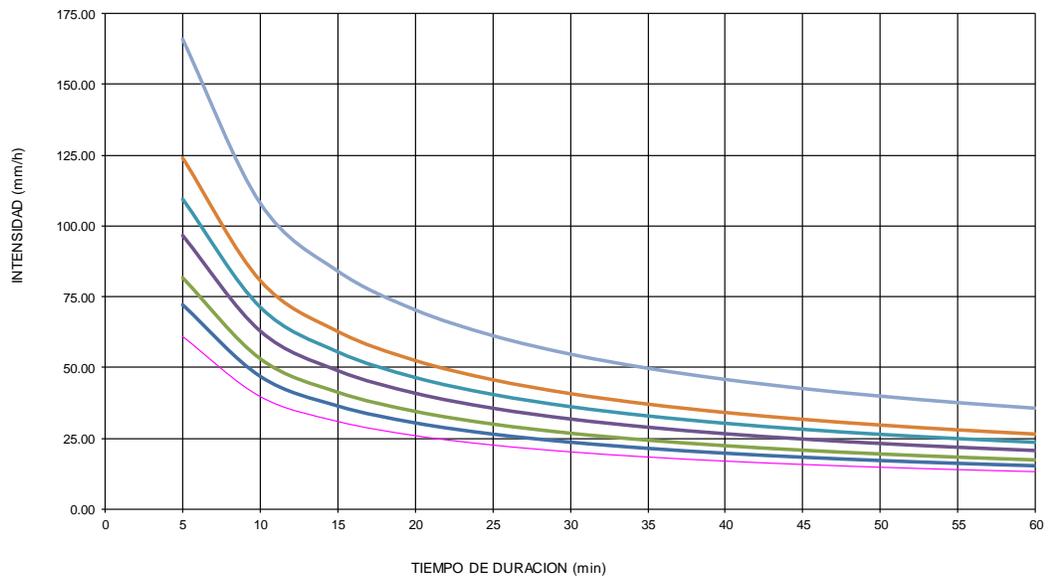
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	61.09	39.78	30.95	25.90	22.56	20.15	18.32	16.87	15.68	14.69	13.85	13.12
5	72.11	46.96	36.54	30.58	26.63	23.79	21.63	19.91	18.51	17.34	16.35	15.49
10	81.75	53.24	41.42	34.67	30.20	26.97	24.52	22.58	20.99	19.66	18.54	17.57
25	96.51	62.84	48.90	40.92	35.65	31.84	28.95	26.65	24.78	23.21	21.88	20.74
50	109.41	71.25	55.44	46.40	40.41	36.10	32.82	30.21	28.09	26.32	24.81	23.51
100	124.05	80.78	62.85	52.60	45.82	40.93	37.20	34.25	31.85	29.84	28.13	26.65
500	166.01	108.11	84.12	70.40	61.32	54.78	49.79	45.84	42.62	39.93	37.64	35.67

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 35

Curva IDF de la estación Barajas, municipio de Junín Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: BARAJAS	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = -73.73333	Cota = 3500
Denominación: JUNIN		Y = 4.1833333	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{175.8032 * T^{0.160707}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

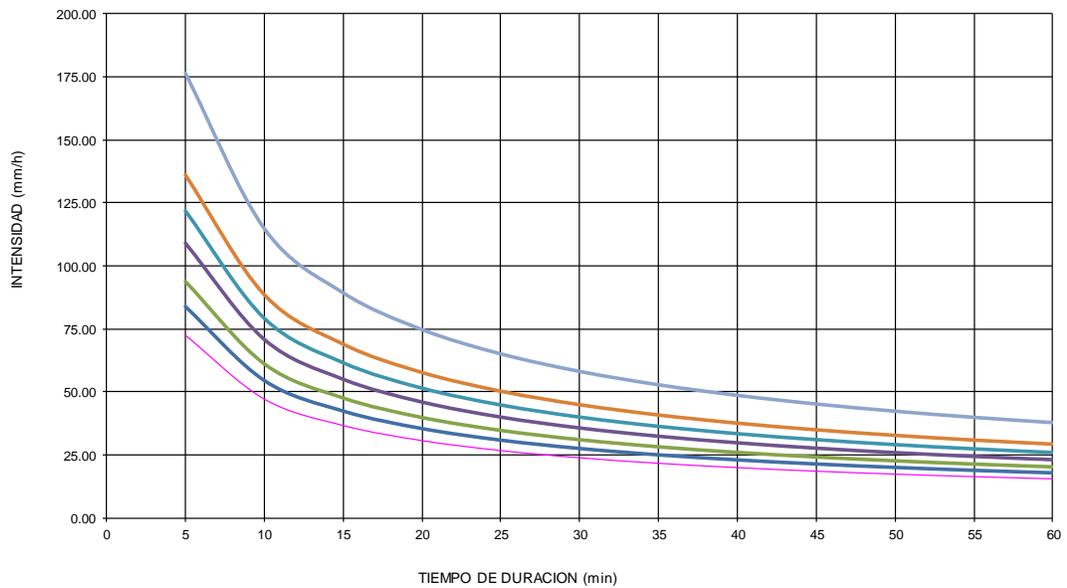
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	72.59	47.27	36.78	30.78	26.81	23.95	21.77	20.04	18.63	17.46	16.46	15.60
5	84.10	54.77	42.61	35.66	31.06	27.75	25.22	23.22	21.59	20.23	19.07	18.07
10	94.01	61.22	47.63	39.87	34.72	31.02	28.20	25.96	24.13	22.61	21.32	20.20
25	108.93	70.93	55.19	46.19	40.23	35.94	32.67	30.08	27.96	26.20	24.70	23.40
50	121.76	79.29	61.69	51.63	44.97	40.17	36.52	33.62	31.26	29.29	27.61	26.16
100	136.11	88.63	68.96	57.72	50.27	44.91	40.82	37.58	34.94	32.74	30.86	29.24
500	176.28	114.79	89.32	74.75	65.11	58.16	52.87	48.68	45.26	42.40	39.97	37.88

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 36

Curva IDF de la estación Playa La, municipio de Fόμεque Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	PLAYA LA [35	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.76667	Cota =	3100
Denominación:	Fόμεque		Y =	4.55		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{188.2284 * T^{0.180858}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

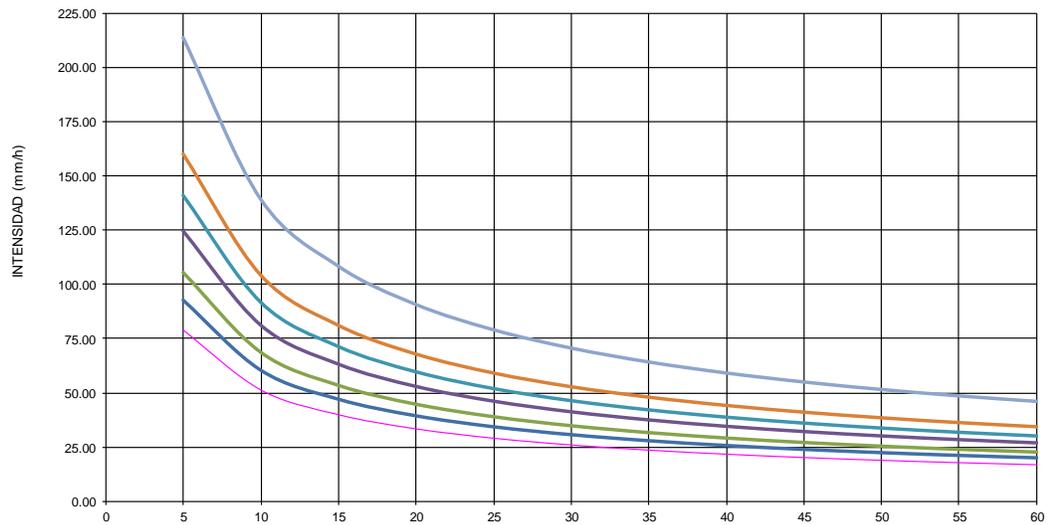
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	78.81	51.32	39.93	33.42	29.11	26.00	23.64	21.76	20.23	18.95	17.87	16.93
5	93.01	60.57	47.13	39.44	34.35	30.69	27.90	25.68	23.88	22.37	21.09	19.98
10	105.44	68.66	53.42	44.71	38.94	34.79	31.62	29.11	27.07	25.36	23.91	22.65
25	124.44	81.03	63.05	52.77	45.96	41.06	37.32	34.36	31.95	29.93	28.22	26.74
50	141.06	91.86	71.47	59.82	52.10	46.54	42.31	38.95	36.21	33.93	31.98	30.31
100	159.90	104.12	81.02	67.80	59.06	52.76	47.96	44.15	41.05	38.46	36.26	34.36
500	213.92	139.31	108.39	90.71	79.01	70.58	64.16	59.07	54.92	51.45	48.51	45.96

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 37

Curva IDF de la estación Peñas blancas, municipio de Cabrera Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	PENAS BLAN	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.44375	Cota =	250
Denominación:	Cabrera		Y =	3.9647222		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{148.2203 * T^{0.133373}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

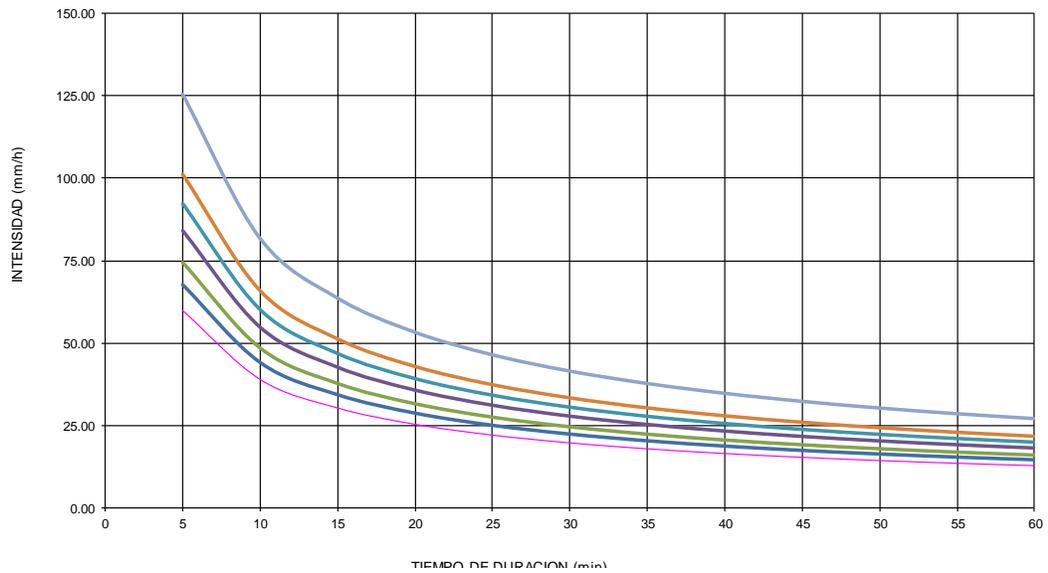
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	60.05	39.10	30.43	25.46	22.18	19.81	18.01	16.58	15.42	14.44	13.62	12.90
5	67.85	44.19	34.38	28.77	25.06	22.39	20.35	18.74	17.42	16.32	15.39	14.58
10	74.43	48.47	37.71	31.56	27.49	24.56	22.32	20.55	19.11	17.90	16.88	15.99
25	84.10	54.77	42.61	35.66	31.06	27.75	25.22	23.22	21.59	20.23	19.07	18.07
50	92.25	60.07	46.74	39.12	34.07	30.44	27.67	25.47	23.68	22.19	20.92	19.82
100	101.18	65.89	51.27	42.91	37.37	33.38	30.35	27.94	25.98	24.34	22.94	21.74
500	125.41	81.66	63.54	53.18	46.32	41.38	37.61	34.63	32.20	30.16	28.44	26.94

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 38

Curva IDF de la estación Pasca, municipio de Pasca Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	PASCA - AUJ	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.31175	Cota =	2256
Denominación:	PAsca		Y =	4.3101111		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{170.6965 * T^{0.148425}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

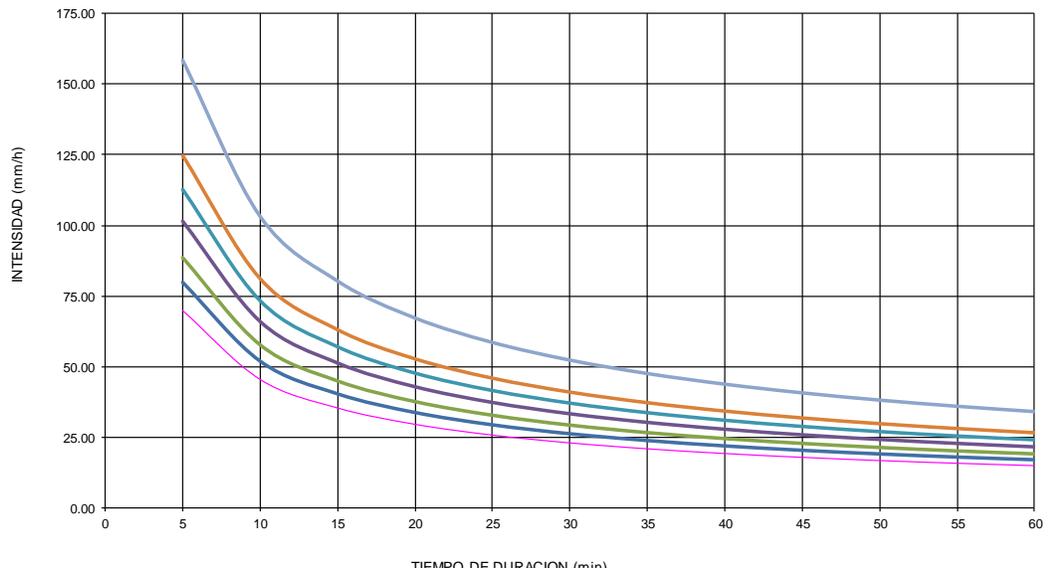
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	69.88	45.50	35.41	29.63	25.81	23.06	20.96	19.30	17.94	16.81	15.84	15.01
5	80.06	52.13	40.56	33.95	29.57	26.42	24.01	22.11	20.55	19.26	18.15	17.20
10	88.73	57.78	44.96	37.63	32.77	29.28	26.61	24.50	22.78	21.34	20.12	19.07
25	101.66	66.20	51.51	43.11	37.55	33.54	30.49	28.07	26.10	24.45	23.05	21.84
50	112.68	73.37	57.09	47.78	41.62	37.18	33.79	31.11	28.93	27.10	25.55	24.21
100	124.89	81.33	63.28	52.96	46.13	41.21	37.46	34.49	32.06	30.04	28.32	26.83
500	158.59	103.27	80.35	67.25	58.57	52.32	47.56	43.79	40.71	38.14	35.96	34.07

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 39

Curva IDF de la estación Núñez, municipio de Cabrera Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	NUNEZ [211]	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.50969	Cota = 1950
Denominación:	Cabrera		Y =	3.9058611	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

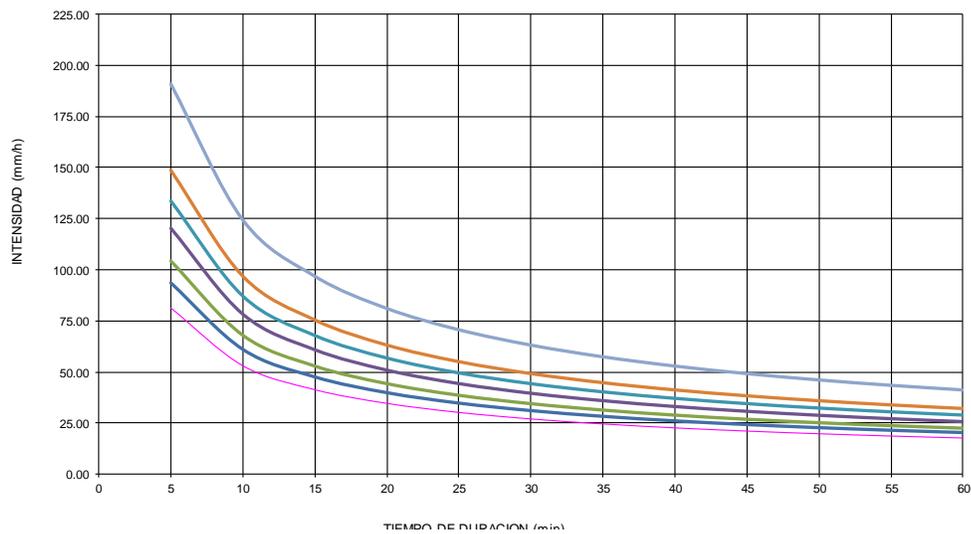
$$I = \frac{198.1699 * T^{0.154062}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Período de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	81.44	53.04	41.27	34.54	30.08	26.87	24.43	22.49	20.91	19.59	18.47	17.50
5	93.79	61.08	47.52	39.77	34.64	30.95	28.13	25.90	24.08	22.56	21.27	20.15
10	104.36	67.96	52.88	44.25	38.55	34.43	31.30	28.82	26.79	25.10	23.66	22.42
25	120.19	78.26	60.90	50.96	44.39	39.65	36.05	33.19	30.85	28.91	27.25	25.82
50	133.73	87.08	67.76	56.71	49.39	44.12	40.11	36.93	34.33	32.16	30.32	28.73
100	148.80	96.90	75.39	63.10	54.96	49.10	44.63	41.09	38.20	35.79	33.74	31.97
500	190.67	124.16	96.61	80.86	70.43	62.91	57.19	52.65	48.95	45.86	43.23	40.97

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 40

Curva IDF de la estación El Japon, municipio de Paratebuena Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	EL JAPON [3	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.30131	Cota =	280
Denominación:	Paratebuena		Y =	4.3769722		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

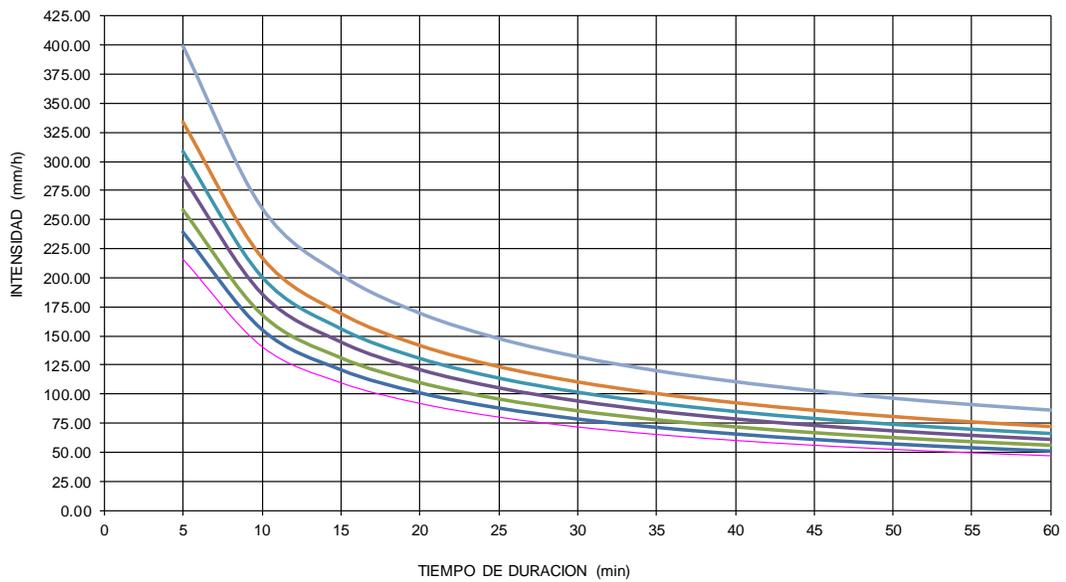
$$I = \frac{541.7724 * T^{0.111059}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Período de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	216.12	140.73	109.50	91.64	79.82	71.31	64.82	59.68	55.48	51.98	49.00	46.43
5	239.27	155.81	121.23	101.46	88.38	78.95	71.76	66.07	61.43	57.55	54.25	51.41
10	258.42	168.28	130.93	109.58	95.45	85.26	77.51	71.36	66.34	62.15	58.59	55.52
25	286.10	186.30	144.96	121.32	105.67	94.40	85.81	79.00	73.45	68.81	64.87	61.47
50	308.99	201.21	156.56	131.03	114.13	101.95	92.67	85.32	79.33	74.32	70.06	66.39
100	333.72	217.31	169.09	141.51	123.26	110.11	100.09	92.15	85.67	80.27	75.67	71.70
500	399.03	259.84	202.18	169.21	147.38	131.66	119.68	110.19	102.44	95.97	90.48	85.73

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 41

Curva IDF de la estación El Retiro, municipio de Medina Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación:	EL RETIRO	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.54653
Denominación:	Medina		Y =	4.3387222
Cota =				870

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{572.1208 * T^{0.138995}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

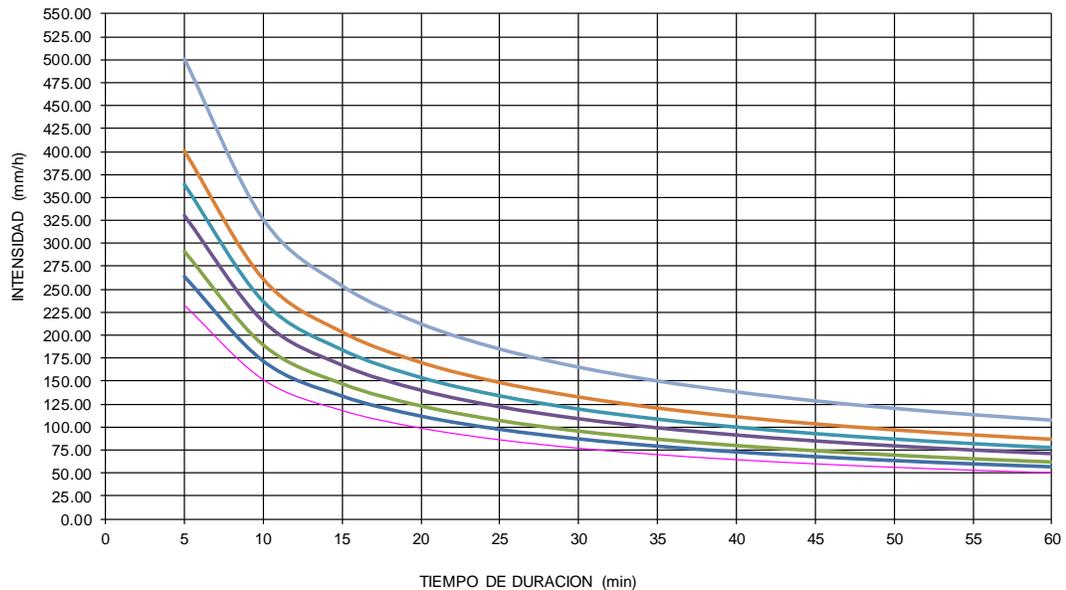
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Período de	Tabla de intensidades - Tiempo de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	232.69	151.52	117.90	98.67	85.94	76.77	69.79	64.25	59.74	55.97	52.76	49.99
5	264.29	172.10	133.91	112.07	97.62	87.20	79.27	72.98	67.85	63.57	59.93	56.79
10	291.02	189.51	147.46	123.41	107.49	96.02	87.28	80.36	74.71	70.00	65.99	62.53
25	330.55	215.25	167.48	140.17	122.09	109.06	99.14	91.28	84.86	79.50	74.95	71.02
50	363.98	237.02	184.42	154.35	134.44	120.09	109.17	100.51	93.44	87.54	82.53	78.20
100	400.79	260.99	203.07	169.96	148.03	132.24	120.21	110.67	102.89	96.40	90.88	86.11
500	501.27	326.42	253.98	212.56	185.15	165.39	150.34	138.42	128.69	120.57	113.66	107.70

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 42

Curva IDF de la estación Palomas La, municipio de Gachalá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	PALOMAS L	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.44489	Cota =	23
Denominación:	Gachalá		Y =	4.7049167		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{553.6444 * T^{0.347137}}{0.61885 t}$$

Donde:

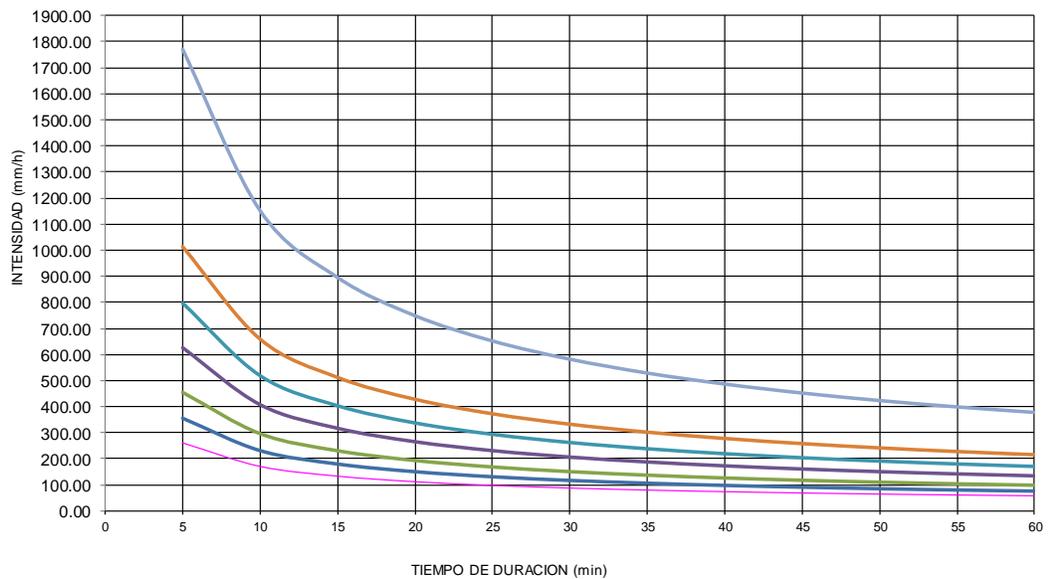
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	260.12	169.39	131.80	110.30	96.08	85.83	78.02	71.83	66.78	62.56	58.98	55.89
5	357.53	232.82	181.15	151.61	132.06	117.97	107.23	98.73	91.79	85.99	81.07	76.82
10	454.79	296.15	230.43	192.85	167.98	150.06	136.40	125.58	116.76	109.39	103.12	97.71
25	625.10	407.06	316.73	265.07	230.88	206.25	187.48	172.61	160.48	150.35	141.74	134.31
50	795.15	517.79	402.89	337.18	293.69	262.36	238.49	219.57	204.13	191.25	180.30	170.84
100	1011.46	658.65	512.49	428.91	373.59	333.73	303.36	279.30	259.67	243.28	229.34	217.32
500	1768.42	1151.58	896.02	749.90	653.17	583.48	530.39	488.33	454.00	425.34	400.98	379.96

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 43

Curva IDF de la estación Villapinzón, municipio de Villapinzón Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	VILLAPINZO	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.59086	Cota =	2745
Municipio:	Villapinzón		Y =	5.26375		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{146.9535 * T^{0.147394}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

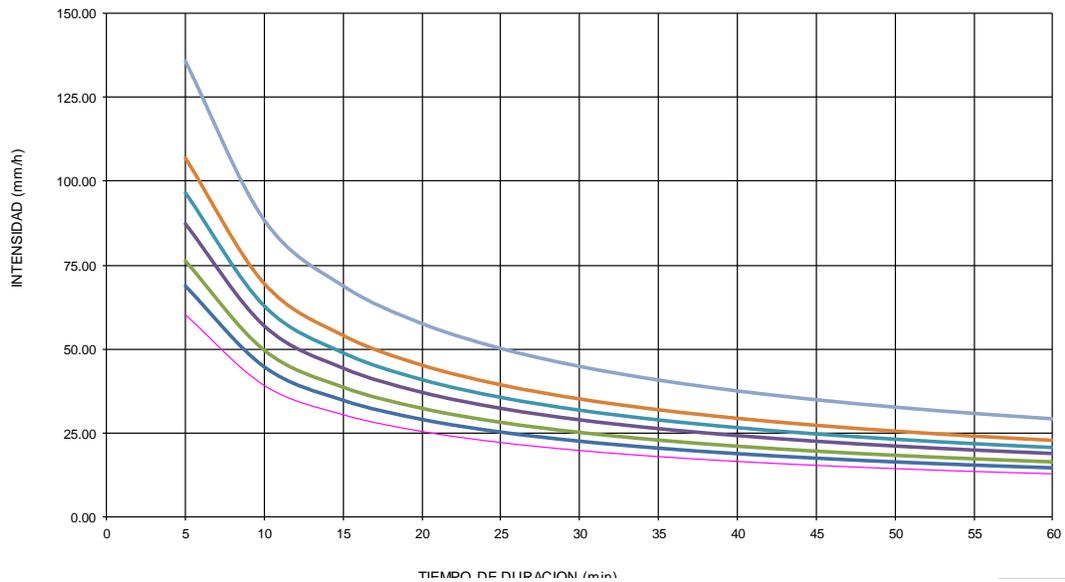
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de ret. años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	60.12	39.15	30.46	25.49	22.20	19.84	18.03	16.60	15.43	14.46	13.63	12.92
5	68.81	44.81	34.86	29.18	25.42	22.70	20.64	19.00	17.67	16.55	15.60	14.78
10	76.21	49.63	38.61	32.32	28.15	25.15	22.86	21.04	19.57	18.33	17.28	16.37
25	87.23	56.80	44.20	36.99	32.22	28.78	26.16	24.09	22.39	20.98	19.78	18.74
50	96.61	62.91	48.95	40.97	35.68	31.88	28.98	26.68	24.80	23.24	21.91	20.76
100	107.01	69.68	54.22	45.38	39.52	35.31	32.09	29.55	27.47	25.74	24.26	22.99
500	135.65	88.34	68.73	57.52	50.10	44.76	40.69	37.46	34.83	32.63	30.76	29.15

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 44

Curva IDF de la estación Villa Inés, municipio de Facativá Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	VILLA INES	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.38397	Cota =	2590
Municipio:	facativá		Y =	4.8349722		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{138.0144 * T^{0.240511}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

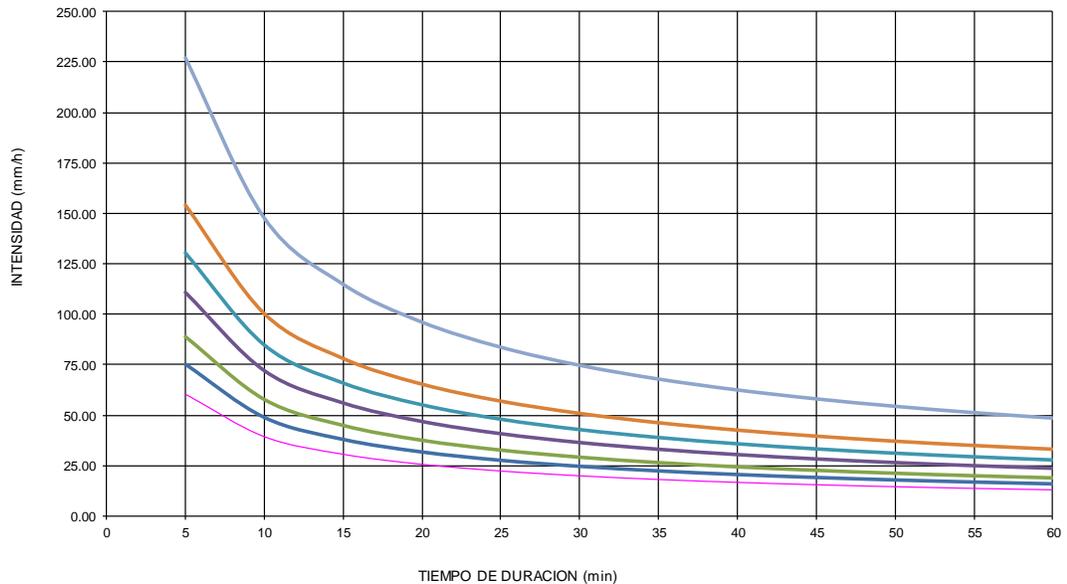
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	60.22	39.22	30.51	25.54	22.24	19.87	18.06	16.63	15.46	14.49	13.66	12.94
5	75.07	48.89	38.04	31.83	27.73	24.77	22.52	20.73	19.27	18.06	17.02	16.13
10	88.69	57.75	44.94	37.61	32.76	29.26	26.60	24.49	22.77	21.33	20.11	19.06
25	110.56	71.99	56.02	46.88	40.83	36.48	33.16	30.53	28.38	26.59	25.07	23.75
50	130.61	85.05	66.18	55.39	48.24	43.10	39.17	36.07	33.53	31.42	29.62	28.06
100	154.31	100.48	78.19	65.43	56.99	50.91	46.28	42.61	39.61	37.11	34.99	33.15
500	227.25	147.98	115.14	96.36	83.94	74.98	68.16	62.75	58.34	54.66	51.53	48.83

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 45

Curva IDF de la estación Susumuco, municipio de Guayabetal Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA			
Estación: SUSUMUCO	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X = 4.1961667	Cota = 10
Municipio Guayabetal		Y = -73.77192	

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{537.1408 * T^{0.120700}}{0.61885 t}$$

Donde:

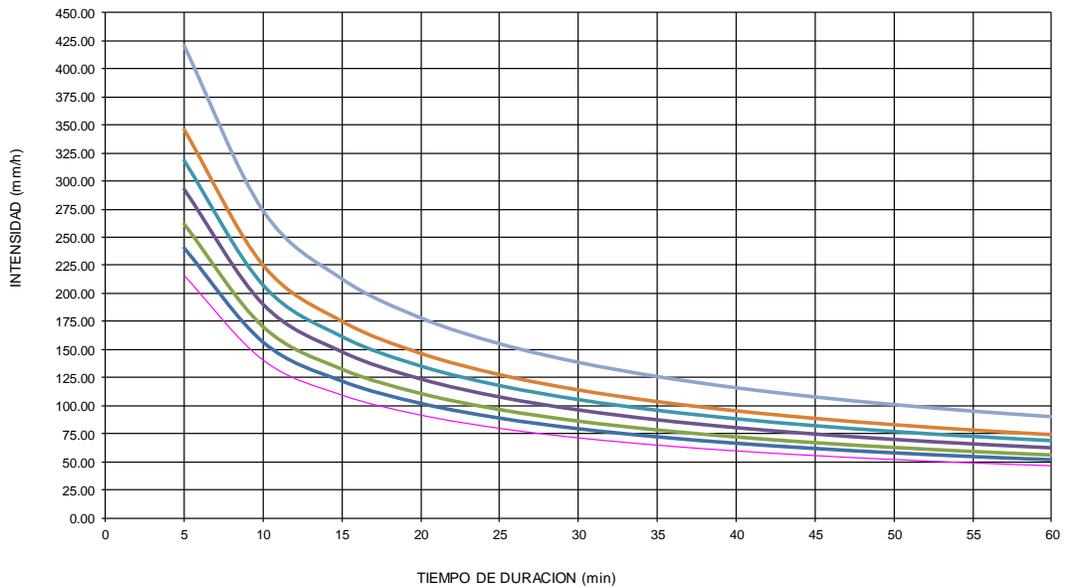
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de ret. años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	215.71	140.47	109.29	91.47	79.67	71.17	64.70	59.56	55.38	51.88	48.91	46.35
5	240.93	156.89	122.08	102.17	88.99	79.49	72.26	66.53	61.85	57.95	54.63	51.77
10	261.96	170.58	132.73	111.08	96.76	86.43	78.57	72.34	67.25	63.01	59.40	56.28
25	292.59	190.53	148.25	124.07	108.07	96.54	87.76	80.80	75.12	70.37	66.34	62.87
50	318.12	207.16	161.19	134.90	117.50	104.96	95.41	87.85	81.67	76.52	72.13	68.35
100	345.89	225.24	175.25	146.67	127.75	114.12	103.74	95.51	88.80	83.19	78.43	74.32
500	420.05	273.53	212.83	178.12	155.15	138.59	125.98	115.99	107.84	101.03	95.24	90.25

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 46

Curva IDF de la estación Batán, municipio de Pasca Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	BATAN [211]	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-74.4	Cota =	2240
Municipio	Pasca		Y =	4.35		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{141.4675 * T^{0.269115}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

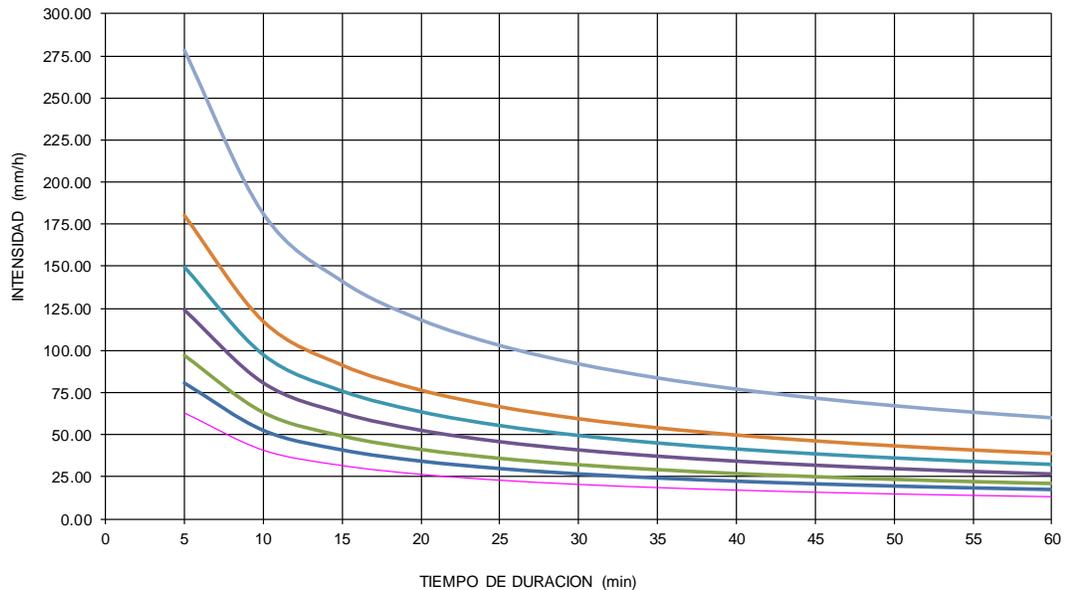
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Período de	Tabla de intensidades - Tiempo de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	62.97	41.00	31.90	26.70	23.26	20.78	18.89	17.39	16.17	15.14	14.28	13.53
5	80.58	52.47	40.83	34.17	29.76	26.59	24.17	22.25	20.69	19.38	18.27	17.31
10	97.10	63.23	49.20	41.17	35.86	32.04	29.12	26.81	24.93	23.35	22.02	20.86
25	124.25	80.91	62.96	52.69	45.89	41.00	37.27	34.31	31.90	29.89	28.17	26.70
50	149.73	97.51	75.87	63.49	55.30	49.40	44.91	41.35	38.44	36.01	33.95	32.17
100	180.44	117.50	91.42	76.52	66.65	59.54	54.12	49.83	46.32	43.40	40.91	38.77
500	278.25	181.19	140.98	117.99	102.77	91.81	83.45	76.83	71.43	66.92	63.09	59.78

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 47

Curva IDF de la estación Bolsa La, municipio de Choachí Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA						
Estación:	BOLSA LA [3	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.98142	Cota =	3195
Denominación:	Choquí		Y =	4.5754167		

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{170.7969 * T^{0.184973}}{0.61885 t}$$

Donde:

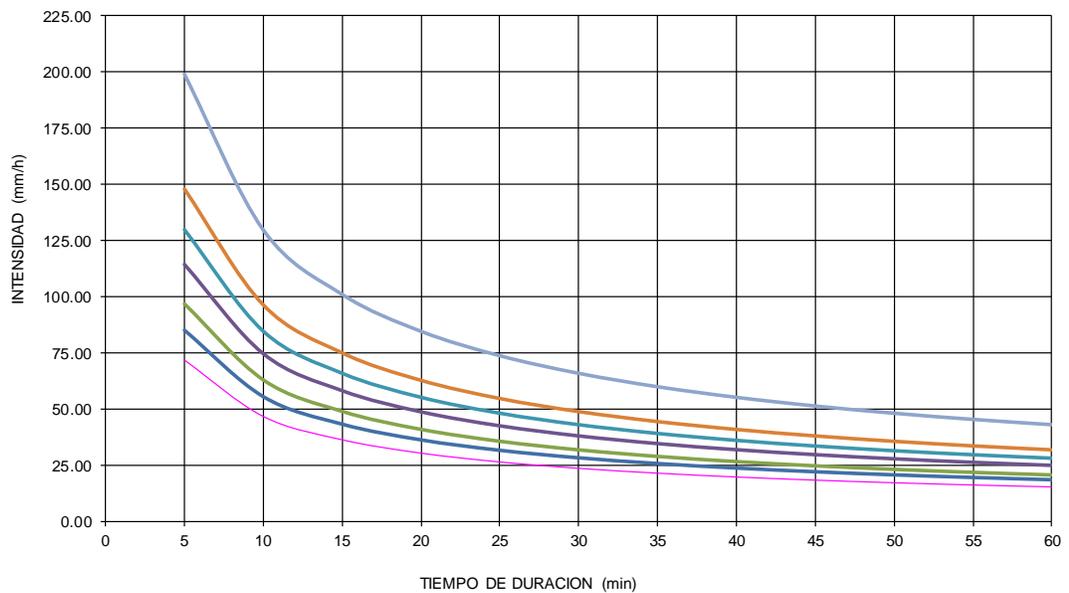
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	71.71	46.70	36.34	30.41	26.49	23.66	21.51	19.80	18.41	17.25	16.26	15.41
5	84.96	55.33	43.05	36.03	31.38	28.03	25.48	23.46	21.81	20.43	19.26	18.25
10	96.58	62.89	48.94	40.96	35.67	31.87	28.97	26.67	24.80	23.23	21.90	20.75
25	114.42	74.51	57.97	48.52	42.26	37.75	34.32	31.60	29.37	27.52	25.94	24.58
50	130.07	84.70	65.91	55.16	48.04	42.92	39.01	35.92	33.39	31.29	29.49	27.95
100	147.87	96.29	74.92	62.70	54.62	48.79	44.35	40.83	37.96	35.56	33.53	31.77
500	199.14	129.68	100.90	84.45	73.55	65.71	59.73	54.99	51.12	47.90	45.15	42.79

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 48

Curva IDF de la estación Santa Rosa, municipio de Ubalá Cundinamarca

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	SANTA ROSA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.4071944	
Municipio:	Ubalá		Y =	4.79677778	
				Cota =	1649

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

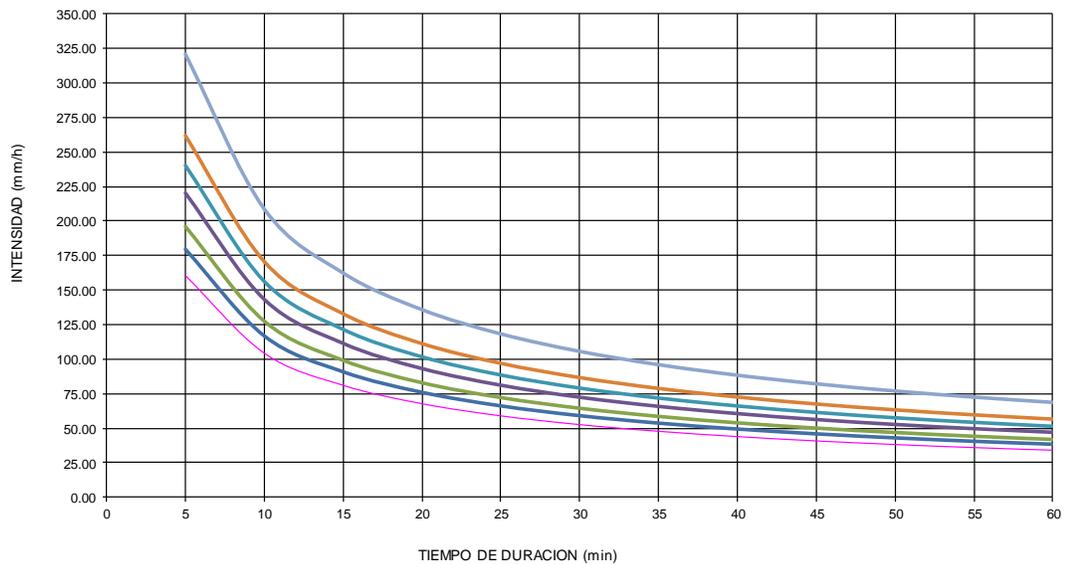
$$I = \frac{397.2729 * T^{0.125777}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	160.10	104.26	81.12	67.89	59.13	52.82	48.02	44.21	41.10	38.51	36.30	34.40
5	179.66	116.99	91.03	76.18	66.36	59.28	53.88	49.61	46.12	43.21	40.74	38.60
10	196.02	127.65	99.32	83.12	72.40	64.68	58.79	54.13	50.32	47.15	44.45	42.12
25	219.97	143.24	111.45	93.28	81.25	72.58	65.97	60.74	56.47	52.91	49.88	47.26
50	240.01	156.29	121.61	101.77	88.65	79.19	71.98	66.27	61.62	57.73	54.42	51.57
100	261.87	170.53	132.68	111.05	96.72	86.40	78.54	72.31	67.23	62.99	59.38	56.26
500	320.63	208.79	162.46	135.96	118.43	105.79	96.16	88.54	82.31	77.12	72.70	68.89

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 49

Curva IDF de la estación Tres Esquinas, municipio de Ubalá Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación:	TRES ESQUINAS	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.48906
Municipio:	Ubalá		Y =	4.7814167
Cota =				1943

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{346.4205 * T^{0.107694}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

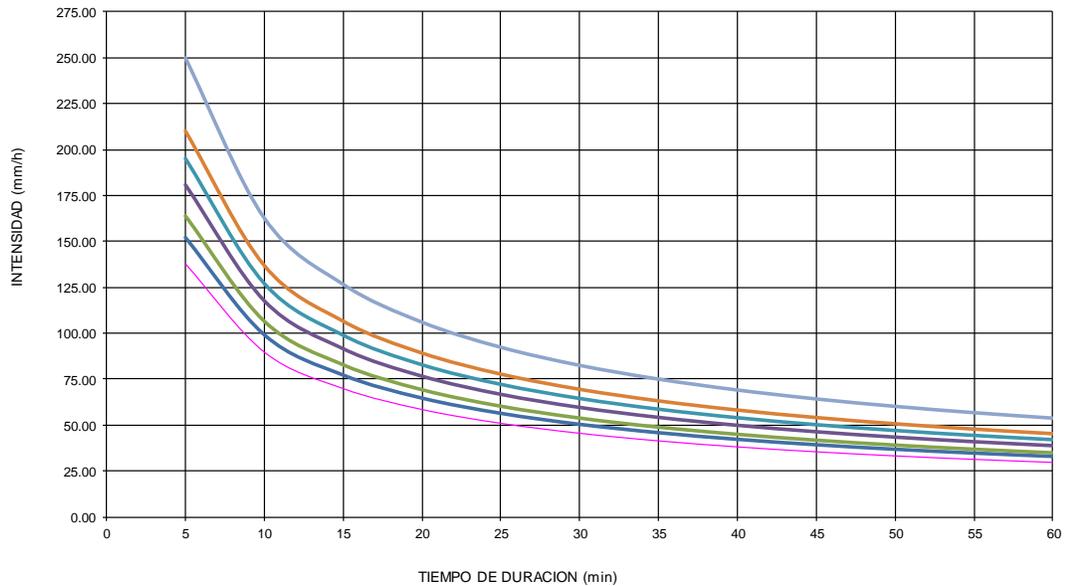
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	137.87	89.78	69.86	58.46	50.92	45.49	41.35	38.07	35.39	33.16	31.26	29.62
5	152.17	99.09	77.10	64.53	56.20	50.21	45.64	42.02	39.07	36.60	34.50	32.69
10	163.96	106.77	83.08	69.53	60.56	54.10	49.18	45.28	42.09	39.44	37.18	35.23
25	180.97	117.84	91.69	76.74	66.84	59.71	54.28	49.97	46.46	43.53	41.03	38.88
50	194.99	126.98	98.80	82.69	72.02	64.34	58.48	53.84	50.06	46.90	44.21	41.90
100	210.10	136.82	106.46	89.09	77.60	69.32	63.02	58.02	53.94	50.53	47.64	45.14
500	249.87	162.71	126.60	105.96	92.29	82.44	74.94	69.00	64.15	60.10	56.66	53.69

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 50

Curva IDF de la estación Casas La, municipio de Caqueza Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	CASAS LAS	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.9363889	
Denominación:	CAQUEZA		Y =	4.44116667	
				Cota =	2100

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

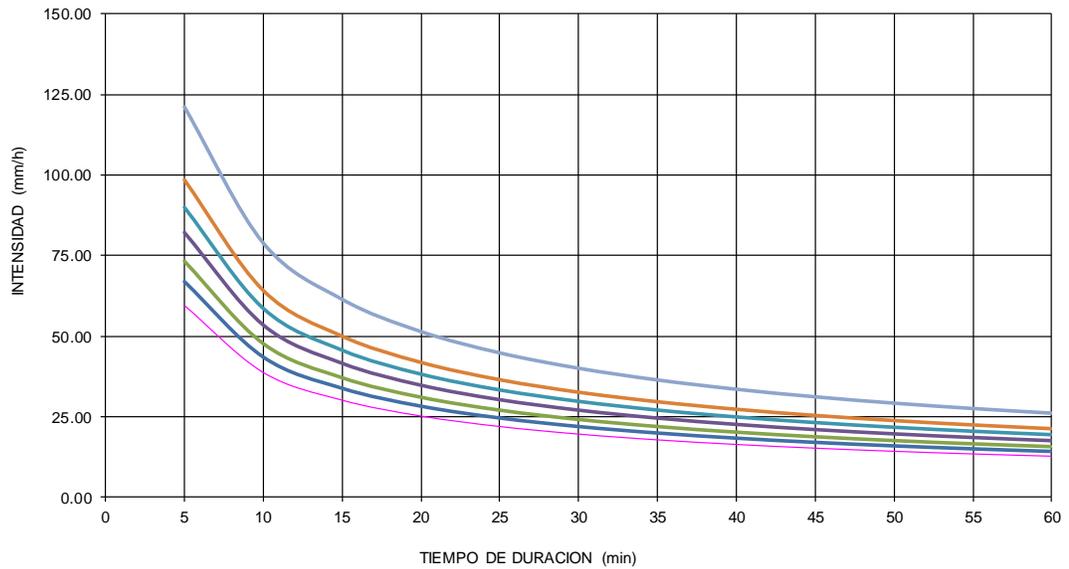
$$I = \frac{147.2596 * T^{0.128713}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	59.47	38.72	30.13	25.22	21.96	19.62	17.84	16.42	15.27	14.30	13.48	12.78
5	66.91	43.57	33.90	28.37	24.71	22.08	20.07	18.48	17.18	16.09	15.17	14.38
10	73.15	47.64	37.07	31.02	27.02	24.14	21.94	20.20	18.78	17.60	16.59	15.72
25	82.31	53.60	41.71	34.90	30.40	27.16	24.69	22.73	21.13	19.80	18.66	17.69
50	89.99	58.60	45.60	38.16	33.24	29.69	26.99	24.85	23.10	21.64	20.41	19.34
100	98.39	64.07	49.85	41.72	36.34	32.46	29.51	27.17	25.26	23.66	22.31	21.14
500	121.04	78.82	61.33	51.33	44.71	39.94	36.30	33.42	31.07	29.11	27.44	26.01

Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 51

Curva IDF de la estación San Rafael, municipio de La Calera Cundinamarca,

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	SAN RAFAEL	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	X =	-73.9833333	
Municipio:	La Calera		Y =	4.7	
				Cota =	2750

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

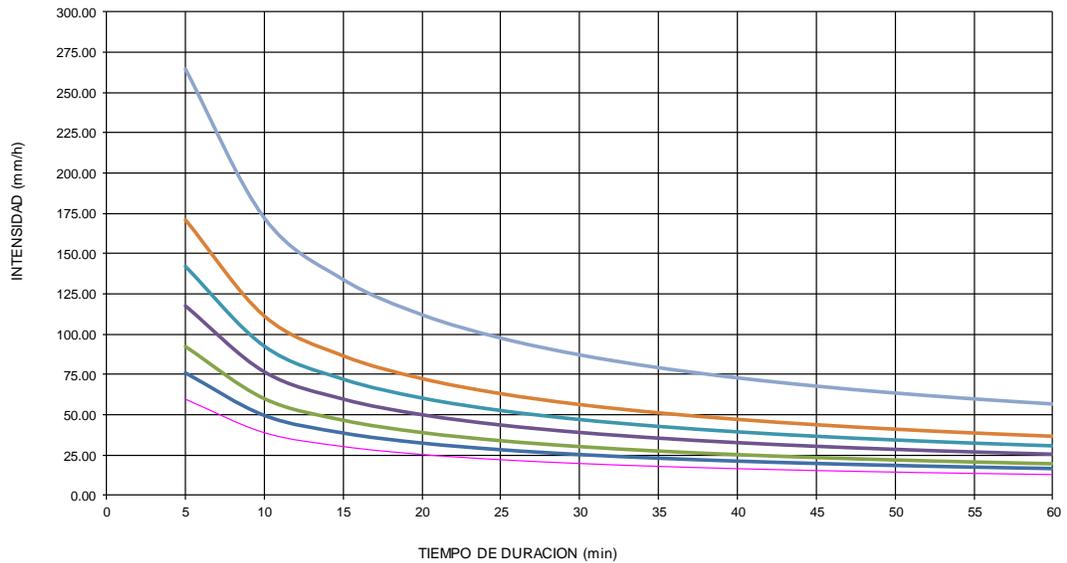
$$I = \frac{133.8368 * T^{0.269766}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Período de retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	59.60	38.81	30.20	25.27	22.01	19.66	17.87	16.46	15.30	14.33	13.51	12.80
5	76.31	49.69	38.66	32.36	28.19	25.18	22.89	21.07	19.59	18.35	17.30	16.40
10	92.00	59.91	46.61	39.01	33.98	30.35	27.59	25.40	23.62	22.13	20.86	19.77
25	117.80	76.71	59.69	49.95	43.51	38.87	35.33	32.53	30.24	28.33	26.71	25.31
50	142.02	92.48	71.96	60.22	52.46	46.86	42.59	39.22	36.46	34.16	32.20	30.51
100	171.22	111.50	86.75	72.61	63.24	56.49	51.35	47.28	43.96	41.18	38.82	36.79
500	264.31	172.11	133.92	112.08	97.62	87.21	79.27	72.99	67.85	63.57	59.93	56.79

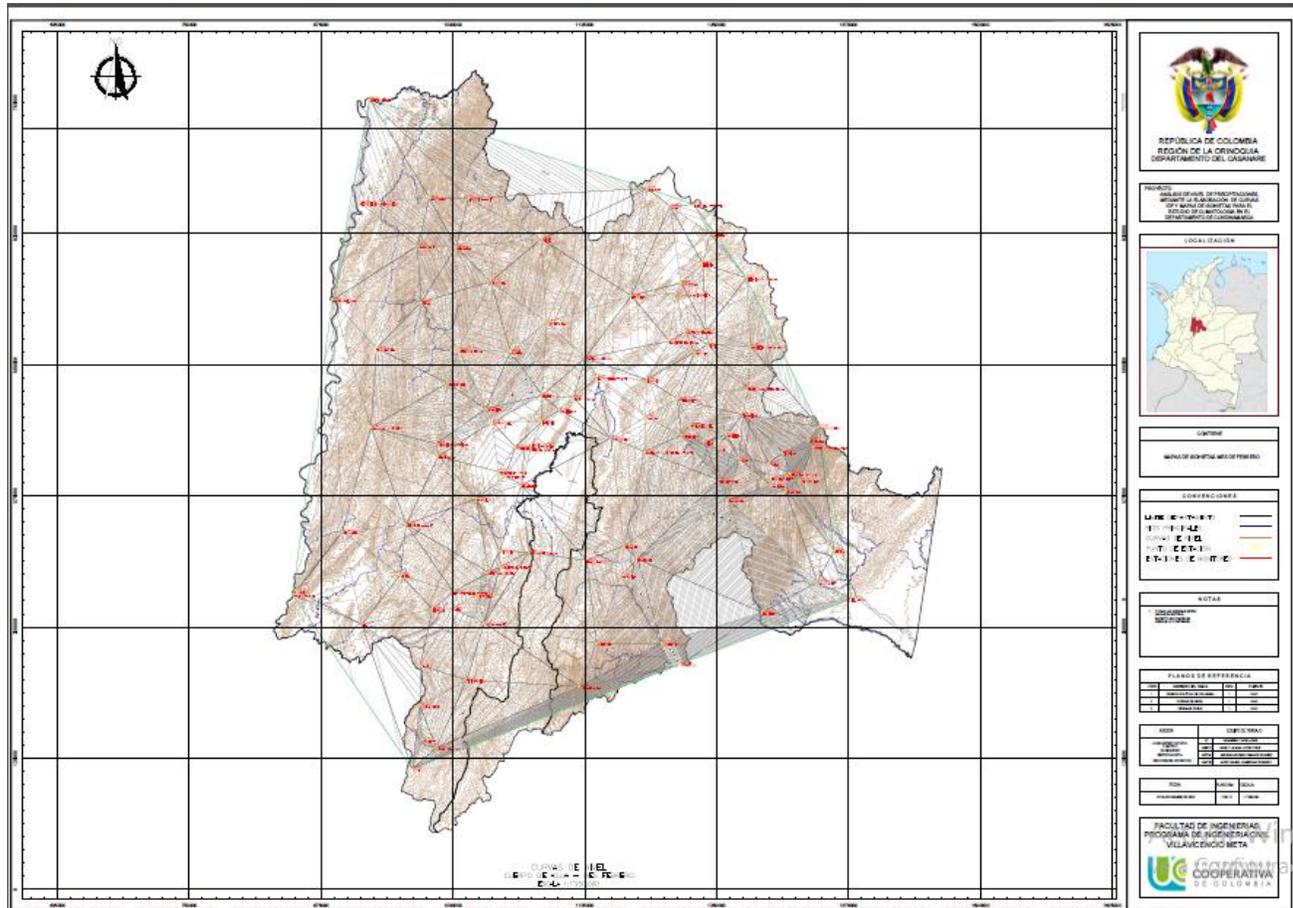
Curvas IDF de la cuenca



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 53

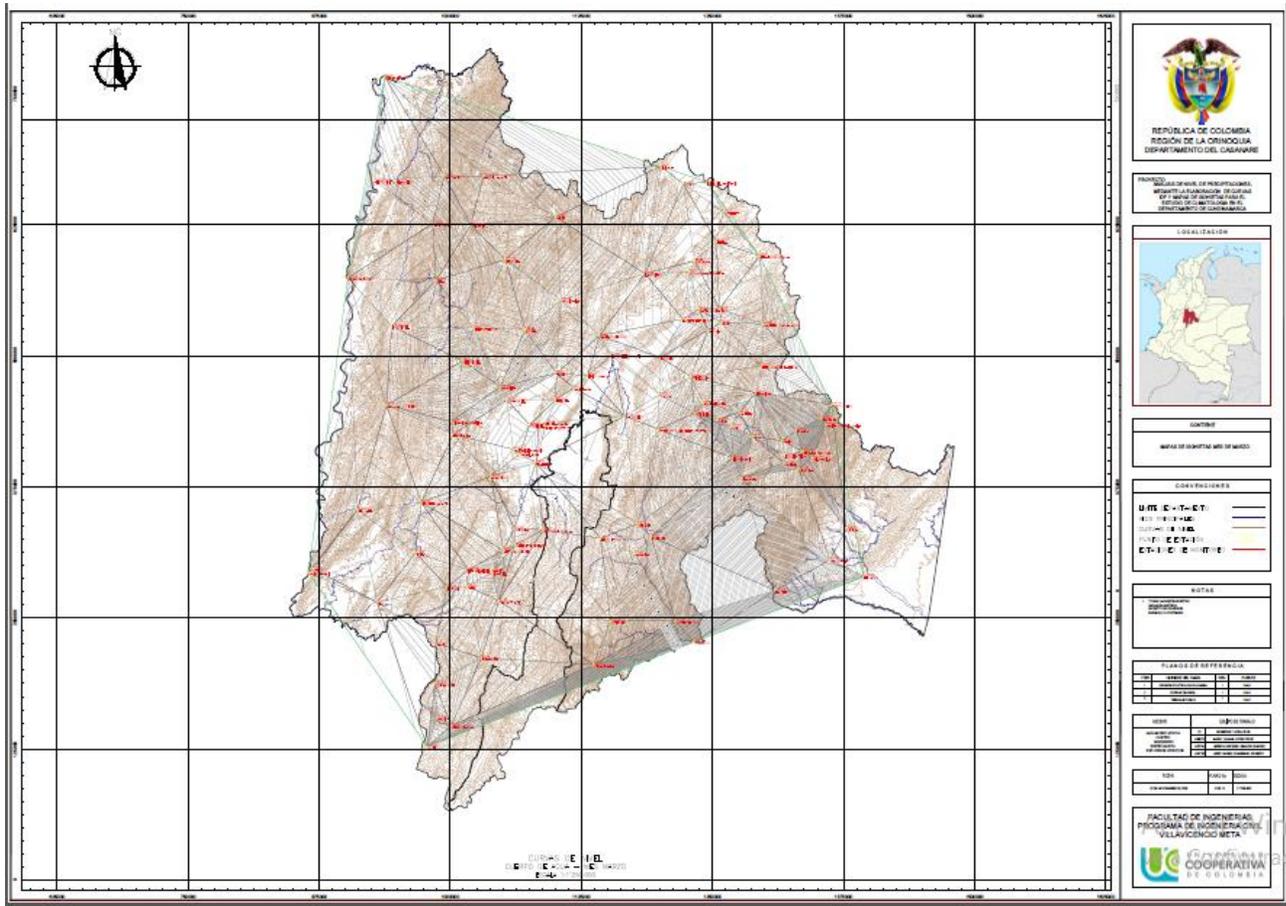
Mapa de isoyetas del mes de febrero



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 54

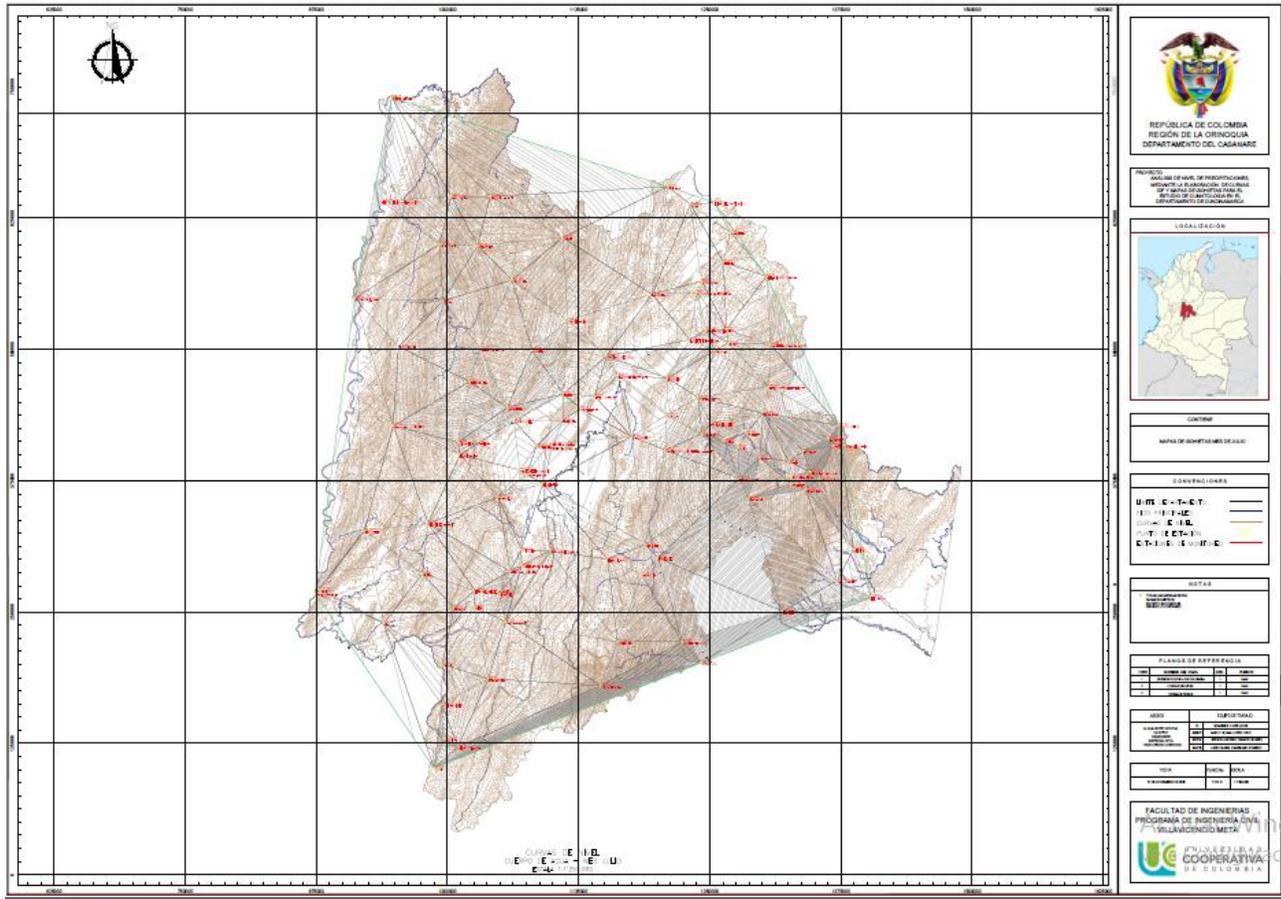
Mapa de isoyetas del mes de marzo



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 58

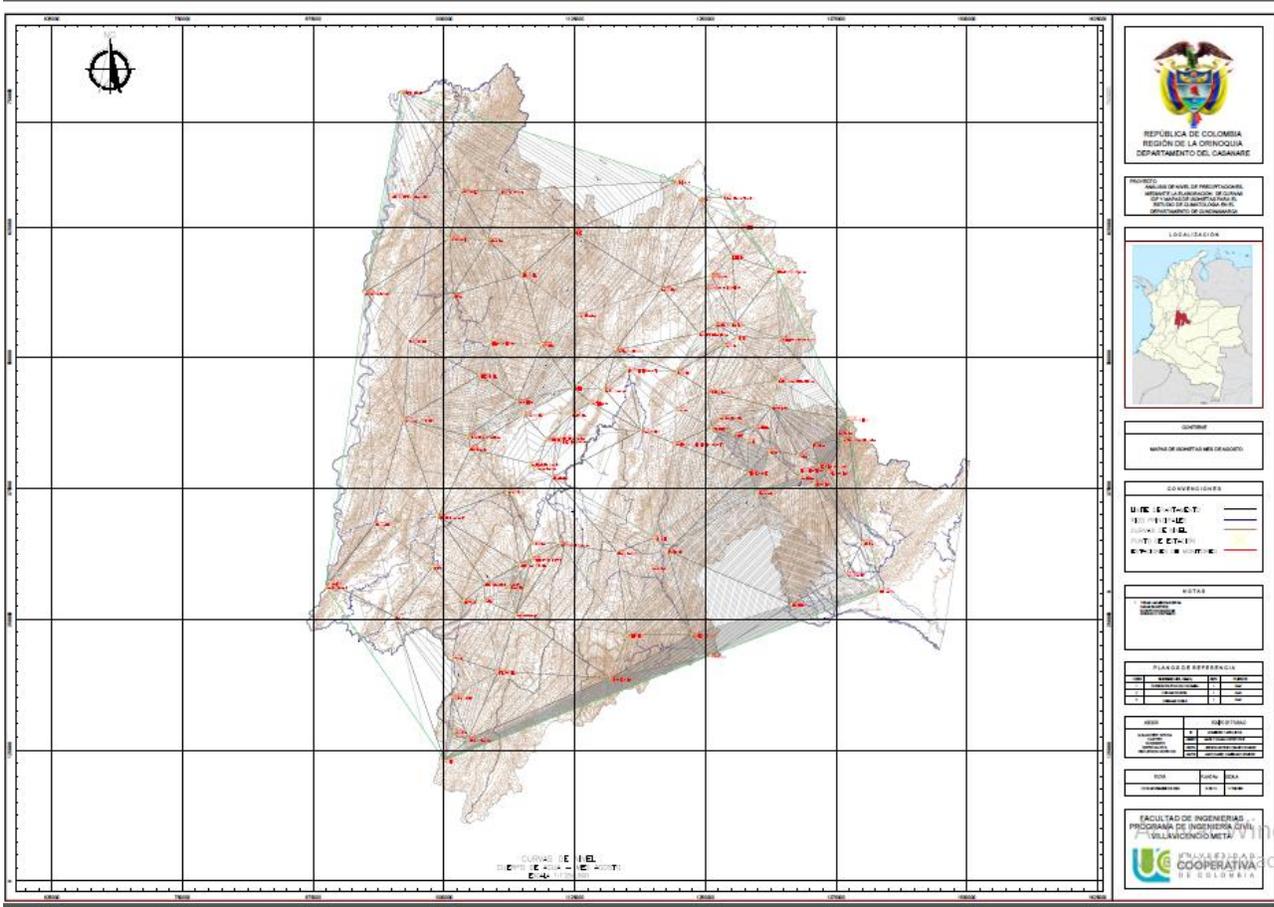
Mapa de isoyetas del mes de Julio



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 59

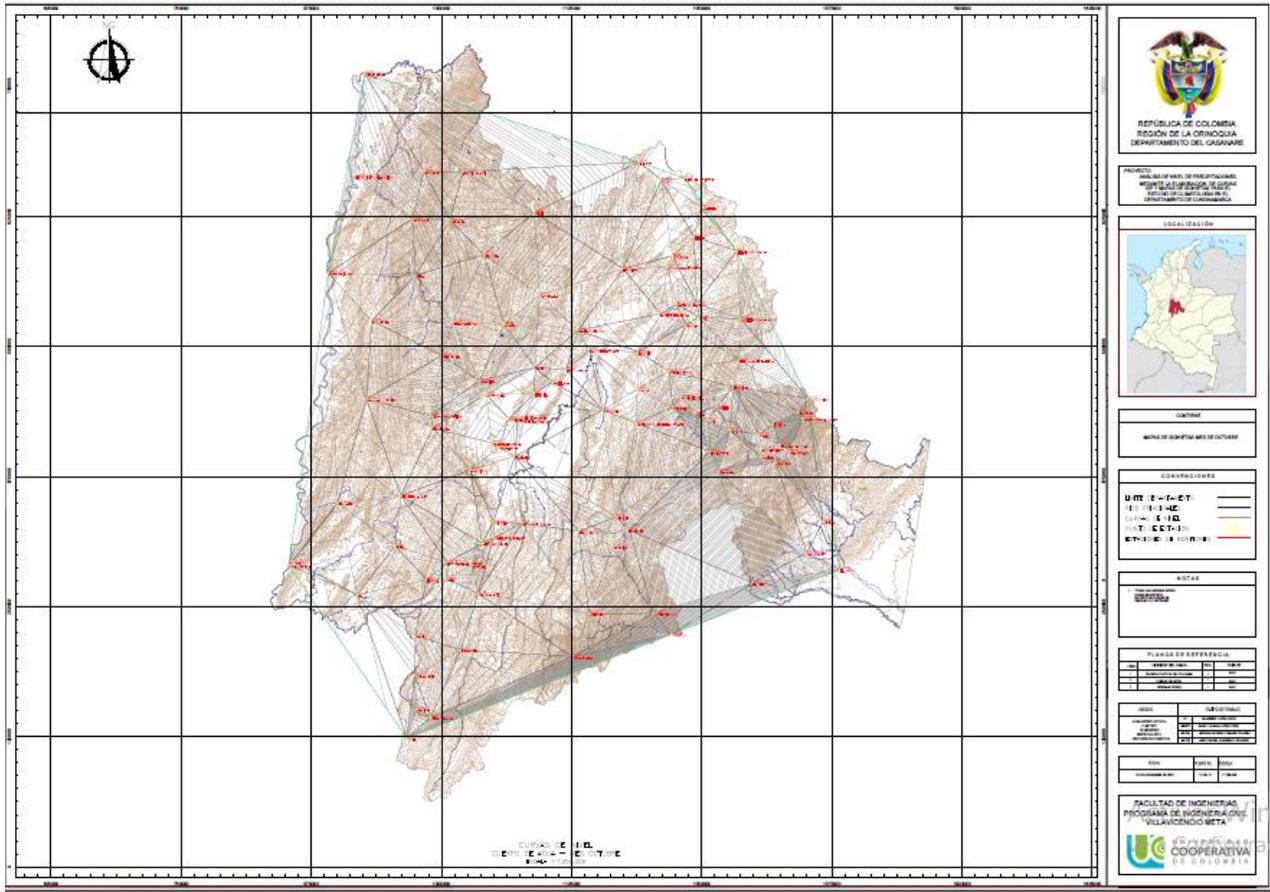
Mapa de isoyetas del mes de Agosto



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 61

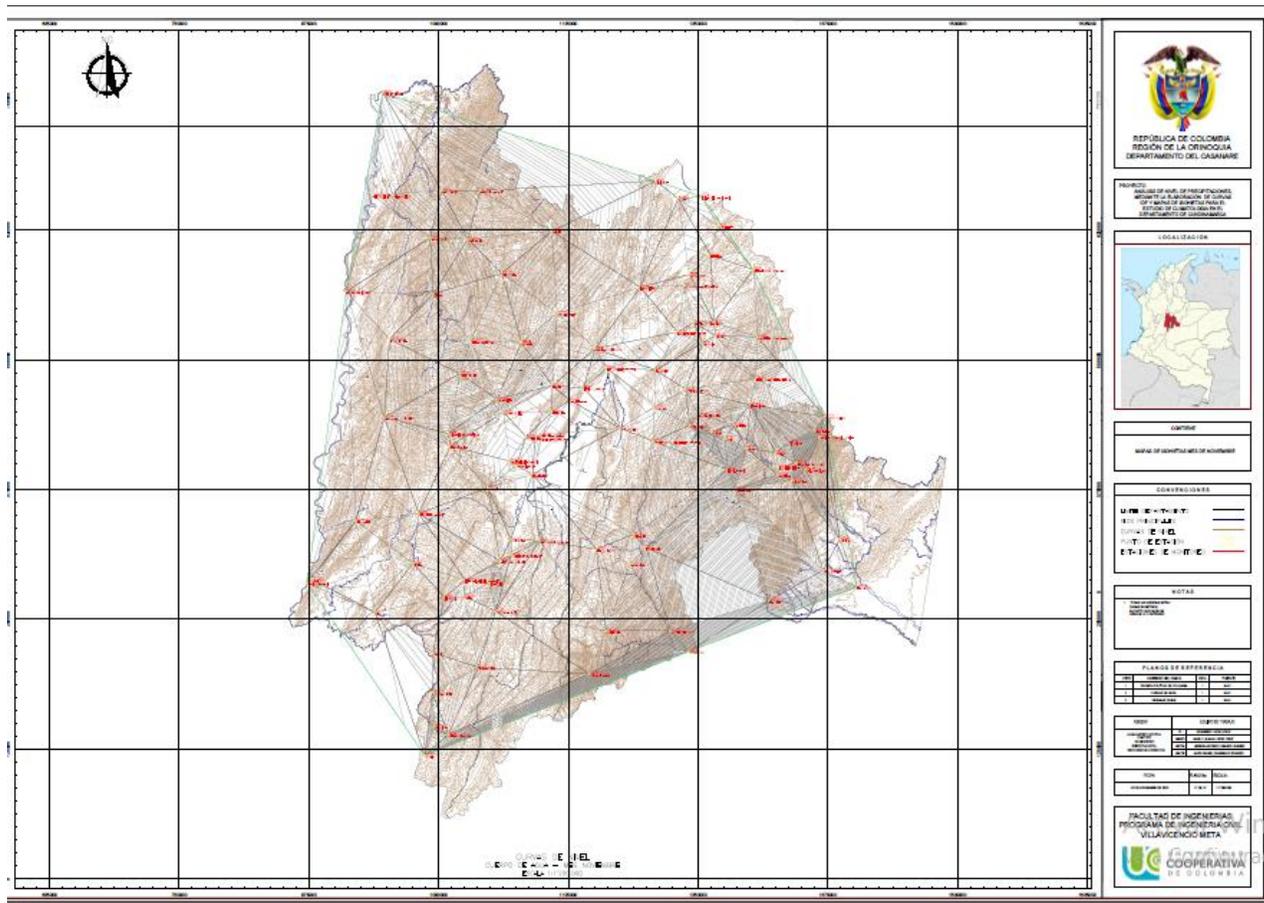
Mapa de isoyetas del mes de Octubre



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 62

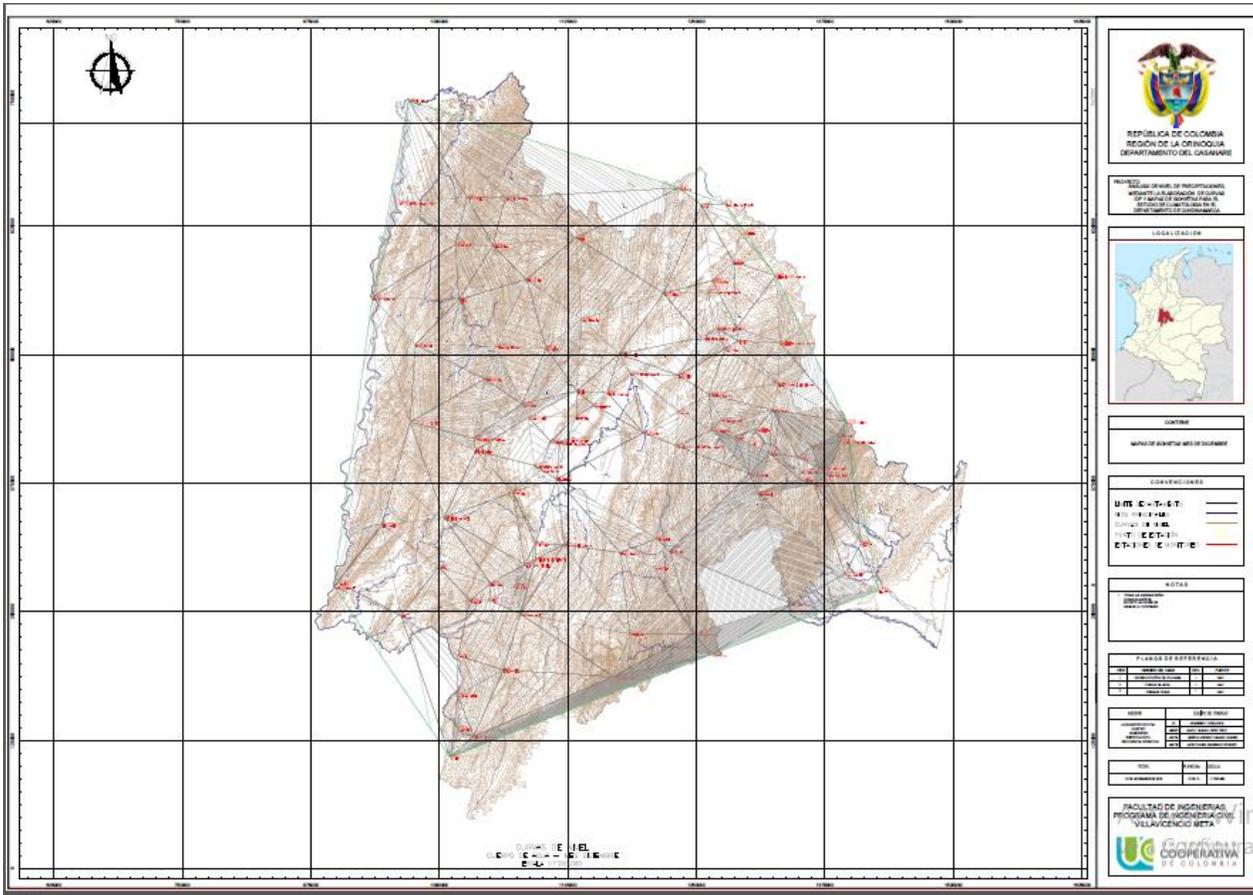
Mapa de isoyetas del mes de Noviembre,



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 63

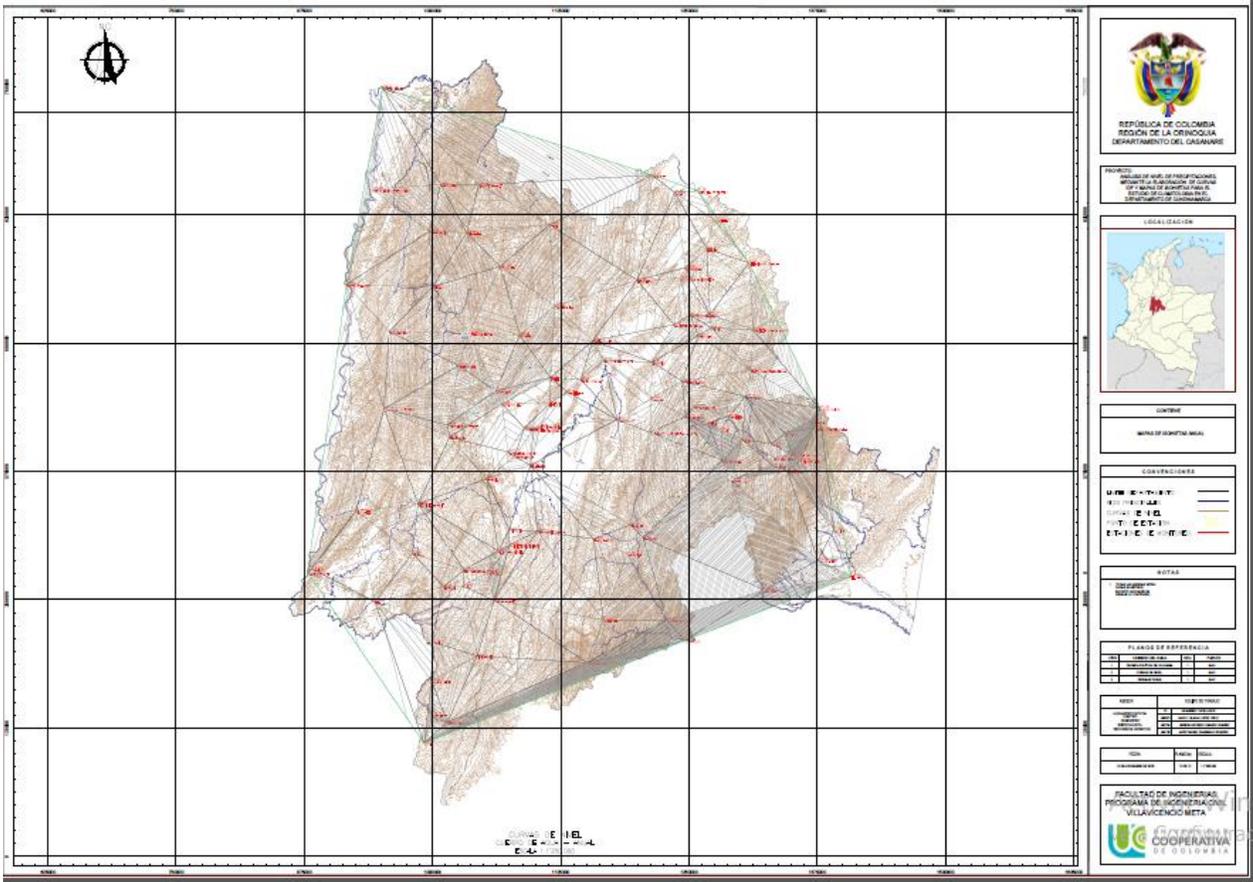
Mapa de isoyetas del mes de Diciembre



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Figura 64

Mapa de isoyetas anual



Datos extraídos del IDEAM, fuente propia.

Análisis de resultados

Curvas IDF

Tabla 3.

Estaciones evaluadas para las curvas IDF

Cant	Estación	Municipio
1	Escuela Tena	Gachalá
2	Esperanza	Manta
3	Fómeque	Fómeque
4	Gachalá	Gachalá
5	Gachetá	Gachetá
6	Gama	Gama
7	Gloria La	Ubalá
8	Guasca	Guasca
9	Gutiérrez	Gutiérrez
10	Hato Grande	Manta
11	Junín	Junín
12	Laguna Chingaza	Fómeque
13	Choachí	Choachí
14	Claraval	Junín
15	Cabrera	Cabrera
16	Choachí 2	Choachí
17	Barajas	Junín
18	Playas Las	Fómeque
19	Peñas Blancas	Cabrera
20	Pasca	Pasca
21	Núñez	Cabrera
22	El Japón	Paratebueno
23	El retiro	Medina
24	Palomas Las	Gachalá

Cant	Estación	Municipio
25	Batan	Pasca
26	Bolsa La	Choachí
27	Santa Rosa de Ubalá	Ubalá
28	Tres esquinas	Ubalá
29	Casas La	Cáqueza
30	San Rafael 1	La Calera
31	Susumuco	Guayabetal
32	Villa Inés	Facatativá
33	Villa Pinzón	Villa Pinzón

Fuente: propia

Como se observa en la tabla 2, se determinaron Curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia) para una cantidad de 33 estaciones, analizadas solo en municipios cerca al piedemonte llanero que sean parte de la potestad del departamento de Cundinamarca sobre la vertiente oriental de la cordillera oriental.

Una de las estaciones más relevantes en este estudio fue la estación “Palomas Las” del municipio de Gachalá; el cual se encuentra ubicado a 1,712 metros sobre el nivel del mar, y limita con municipios como Ubalá y Gama, allí se encuentra el embalse y central hidroeléctrica el Guavio que represa las aguas de los ríos Batatas, Guavio y Chivor.

Por medio de la ecuación (1) se determinó la intensidad con duraciones cada 5 min, por periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Ecuación 3

Ecuación de la intensidad

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I: Intensidad (mm/hr)

T: Período de retorno (años)

t: Duración de la lluvia (min)

K: Término constante de regresión

M: Coeficiente de regresión

n : Parámetros de ajuste

		0.347137	
I =	553.6444	* T	
		0.61885	
		t	

En la estación “Palomas Las” el término constante de regresión (k) fue de 553.644, el coeficiente de regresión (m) fue de 0.347 y el parámetros de ajuste (n) de 0.618. Lo cual determinó la intensidad para cada periodo de retorno en sus diferentes duraciones.

De acuerdo a la curva IDF que arrojó esta estación; las lluvias que se presentan allí pueden llegar hasta una intensidad de 1768 mm/hr en una duración de 5 mn por un periodo de retorno de hasta 500 años, por lo que representó notabilidad entre las otras estaciones analizadas.

Este proceso se realizó con cada estación, de manera que obtuvimos curvas IDF por cada sitio en estudio.

Es de suma importancia resaltar que esta información será una herramienta valiosa para cuando se requiera hacer una obra de ingeniería tal como dimensionamiento de drenajes en carreteras, vías férreas, aeropuertos, drenajes urbanos, dimensionamiento adecuados de extravasores de presas, entre otras más.

Isoyetas

Tabla 4.

Cuadro de resultados de mapas de isoyetas

MESES	MAYOR PRECIPITACION		MENOR PRECIPITACION	
	ESTACION	PRECIPITACION EN mm	ESTACION	PRECIPITACION EN mm
ENERO	EL RETIRO	482.58	CASABLANCA	35.40
FEBRERO	EL RETIRO	481.83	CASABLANCA	35.42
MARZO	EL RETIRO	481.22	CASABLANCA	35.48
ABRIL	EL RETIRO	481.25	CASABLANCA	35.67
MAYO	EL RETIRO	481.07	CASABLANCA	35.73
JUNIO	EL RETIRO	481.00	CASABLANCA	35.86
JULIO	EL RETIRO	479.37	CASABLANCA	35.78
AGOSTO	EL RETIRO	477.97	CASABLANCA	35.79
SEPTIEMBRE	EL RETIRO	476.81	CASABLANCA	35.75
OCTUBRE	EL RETIRO	476.31	CASABLANCA	35.79

MESES	MAYOR PRECIPITACION		MENOR PRECIPITACION	
	ESTACION	PRECIPITACION EN mm	ESTACION	PRECIPITACION EN mm
NOVIEMBRE	EL RETIRO	474.70	CASABLANCA	35.90
DICIEMBRE	EL RETIRO	473.88	CASABLANCA	35.86
ANUAL	EL RETIRO	5747.99	CASABLANCA	428.43

Fuente: propia

Como se puede observar en las ilustraciones anteriores, Cundinamarca cuenta con varias zonas donde su precipitación es alta, una de las razones es debido a que la mayor parte de su territorio es de cordillera montañosa, lo cual genera que sea una barrera para las nubes que viajan cargadas de agua, colisionando con ellas y obligando a realizar su descarga. Sin embargo se evidenció que la estación que marcó el mayor número de lluvias es “EL RETIRO” ubicada en el municipio de Medina, en la vertiente oriental de la cordillera Oriental, con precipitaciones promedio de 479.0 mm mensual, es decir 5747.99 mm anualmente. Este municipio está a 520 metros sobre el nivel del mar. La velocidad de los vientos que llegan del oeste del país es entre 18 m/s a 21 m/s en esta zona, incrementando la posibilidad de precipitaciones pues se mezclan capas de aire que están a diferente temperatura.

En esta área se encuentra la sub cuenca del río Guacavía, que nace en el complejo de páramo de Chingaza con una Latitud: 4.3008333 y Longitud: -73.2966667 a una altura de 3200 msnm, que se alimenta de ríos como el Río Piri, Río Guajaray, Río Gajaraicito, Río borrachero y entre otros ríos aguas abajo. Como bien se sabe, cuando las altas lluvias se presentan a cierta duración difícilmente el agua intercepta la cubierta vegetal generando que la mayor parte de la

lluvia alcance el suelo; saturando los mantos superficiales. Alguna parte de estas lluvias se infiltra nutriendo la escorrentía hipodérmica y acuíferos causando que aumenten su nivel, la otra parte que no se infiltra es la que forma la escorrentía superficial también consiguiendo su máxima altura. Finalmente aparece la escorrentía total que cuando llega a su cúspide causa las famosas “crecidas”.

Al observar las curvas de igual precipitación (ver ilustración) se puede resaltar que dichas precipitaciones de la estación “el retiro” afectan toda la provincia de medina pues la distancia entre curva y curva es mínima, indicándonos que aquellas afectaciones se pueden evidenciar en municipios que están muy cerca y que son jurisdicción del departamento del meta: como lo es Restrepo y Cumaral, y que cuenta con antecedentes de crecientes súbitas, deslizamientos y movimientos en masa, desborde de los ríos entre otros, a causas de estos fenómenos naturales; con la variable de ser un terreno con topografía y forma plana.

Por otra parte se comprobó que la zona más seca del departamento se encuentra en el municipio de Madrid (donde las curvas de nivel están más separadas); situada en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, se halla a una altitud de 2416 metros sobre el nivel del mar, con datos en la estación “CASABLANCA”; un promedio mensual de precipitación de 35.70 mm, teniendo un total de lluvia anual de 428.43 mm.

Se evidencia además que el fenómeno no solo se ve reflejado en este municipio sino en sus alrededores, comprometiendo la mayor parte de la provincia Sabana Occidente. El río más

cerca a esta provincia es el río Bogotá que nace en el Páramo de Guachenque a 3.400 metros sobre el nivel del mar y hace parte de la Cuenca Media.

El alcance del proyecto de investigación que se está realizando no permite ver con claridad cuál es el factor causante de las bajas precipitaciones en la zona, pero se espera que con este proyecto pueda servir para investigaciones futuras del porqué en esta área las lluvias son tan escasas.

Sin embargo teniendo en cuenta que la provincia está en una zona tipo “valle”, rodeada por montañas de la cordillera oriental estas sirven de barrera hidrográfica haciendo que las aguas se descarguen en los flancos opuestos, y sus vientos que viajan desde el sureste al noroeste con velocidades de 21 m/s a 24 m/s hasta la provincia en estudio lleguen con un nivel de agua mínimo.

Conclusiones

El IDEAM tiene instaladas estaciones en la mayor parte del departamento de Cundinamarca que se encargan de registrar las precipitaciones anuales y diarias del departamento, gracias a ello, se pudo hacer la recopilación de dichos datos y así el análisis de ellos para el uso de mapas, curvas IDF e isoyetas.

Al realizarse el análisis de confiabilidad de los registros de precipitación, se determinó que se debían tomar solo los datos correspondientes al mismo periodo de tiempo en todas las estaciones el cual fue 29 años, para poder dar certeza del resultado que se arrojaría.

Los datos anuales se llevaron a el programa AutoCAD civil 3D, para la ejecución de los mapas isoyetas, mientras que los datos de precipitación mensual se manejaron por medio de un Excel previamente programado para la determinación de curvas IDF.

Con lo anterior se logró establecer que los niveles de precipitación en Cundinamarca pueden agruparse en zonas de alta, media y baja precipitación. En Madrid municipio que es el de menor precipitaciones, se tienen tasas de 428.43 mm al año, mientras en el municipio de Medina esta cifra se presenta al mes considerándose el municipio donde más llueve del departamento, contando con una tasa de 5747.99 mm por año. Ahora bien, en términos de intensidad y duración, se tiene que el municipio de Gachalá obtiene los valores más altos en los periodos de retorno manejados, recordando que el análisis de duración es cada 5 minutos.

Bibliografía

Díaz Suescún , L. L., & Alarcon, J. G. (2018). “Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada niscota para un acueducto interveredal en nunchía, casanare. Bogotá, Colombia: Universidad catolica de Colombia.

Ghanmi, , H., Bargaoui , Z., & Mallet,, C. (2015.). «Estimation of intensity-duration-frequency relationships according to the property of scale invariance and regionalization analysis in a Mediterranean coastal,». «*Estimation of intensity-duration-frequency relationships according to the property of scale invariance and regionalization analysis in a Mediterranean coastal,*». Journal of Hydrology.

Lopez, P., Maza, J., Burgos, V., Vargas, A., & Forner, L. (2011). «Regionalización paramétrica de curvas de duración de caudales,». «*Regionalización paramétrica de curvas de duración de caudales,*». Resistencia, Chaco,: nstituto Nacional del Agua. Libro de Actas del XXIII Congreso Nacional del Agua. ISSN 1853-7685.

Alarcón Hurtado, E. A., & Luz Toloza , D. E. (9 de Mayo de 2019). *La Influencia del Clima en el Diseño de construcción de Obras Civiles* . Obtenido de SCRIBD :
<https://es.scribd.com/document/409339756/Relacion-climatologia-y-ingenieria-civil>

Aparicio Mijares, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. Mexico D.f, Mexico: Grupo Noriega Editores.

AristaSur . (2012). Obtenido de ¿Qué son las curvas de nivel en un mapa topográfico?.:
<https://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>

Benítez, A. (2002). Curvas de intensidad frecuencia y duración. *Curvas de intensidad frecuencia y duración*. Chile: Universidad de Talca, Chile, facultad de Ciencias Forestales.

Bernal Garcia , G., Montealegre , J. E., Rangel M , E., & Sabogal T , N. (Febrero de 1989).

Estudio sobre el regimen de precipitacion en Colombia. Obtenido de Instituto Colombiano de Hidrologia, Meteorologia y Adecuacion de Tierras:

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004950/Contenido.pdf>

Castillo, R., Montero, R., Amador, J., & Durán, A. M. (2018). Cambios futuros de precipitación y

temperatura sobre América Central y el Caribe utilizando proyecciones climáticas de reducción de escala estadística. *Revista de Climatología*, 1. Obtenido de

<http://www.climatol.eu/reclim/reclim18a.pdf>

Colombia.co. (s.f.). *Region Andina*. Obtenido de <https://www.colombia.co/pais-colombia/geografia-y-medio-ambiente/region-andina-2/>

colombiamania.com. (s.f.). Obtenido de colombiamania.com:

<http://www.colombiamania.com/departamentos/cundinamarca.html>

Corzo Oviedo, F. A., & Pinilla Mora, J. C. (2015). Comparacion de curvas Intensidad –

Duracion– Frecuencia (IDF), caso de estudio municipio de Anapoima Cundinamarca.

Bogotá: Universidad Catolica de Colombia.

Cruz, N. (2010). *Cambio climático y sus repercusiones en el diseño y vida útil de las infraestructuras civiles*. Obtenido de CEGESTI :

http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_153_200611_es.pdf

Diaz Suescun , L. L., & Alarcon Africano, J. G. (2018). *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada niscota*

para un acueducto interveredal En nunchía, casanare. Obtenido de Universidad Católica:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15989/1/Proyecto%20Final.pdf>

IDEAM. (2015). *Rosa de viento*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/TEXTO---->

Rosa-de-Viento.pdf

IDEAM. (2015). *Viento mas probable*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Viento->

Mas-Probable_13.pdf

IDEAM. (2016). *curva IDF*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>

IDEAM atlas, D. d. (2015). *Direccion de procedencia del Viento*. Obtenido de IDEAM:

http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Direccion_13.pdf

IDEAM, A. (2015). *Periodo de retorno de la velocidad maxima del viento*. Obtenido de

<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Periodo-de-Retorno-de-la-Velocidad-Maxima-del->

Viento.pdf

Meteocultura. (26 de Febrero de 2019). *¿Qué es una estacion meteorologica?* Obtenido de

<https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/>

Mintegui, J. L. (1990). La ordenación agrohidrológica en la planificación. Servicio Central de

Publicaciones del Gobierno Vasco. *La ordenación agrohidrológica en la planificación.*

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. . Vitoria – Gasteiz, España.

Nimbus, W. (2008). Obtenido de aprendiendo meteorologia:

<http://web.archive.org/web/20080725081032/http://www.nimbus.com.uy/aprendiendo.ht>

ml

Polanco , A. (14 de Agosto de 2011). *Importancia de la Meteorología en la Ingeniería Civil*.

Obtenido de Civilgeeks.com Ingenieria y Construcciones :

<https://civilgeeks.com/2011/08/14/importancia-de-la-meteorologia-en-la-ingenieria-civil/>

Portillo , G. (s.f.). *Climatología*. Obtenido de Meteorologia en Red:

<https://www.meteorologiaenred.com/climatologia.html>

Portillo, G. (s.f.). *Meteorología en Red*. Obtenido de

<https://www.meteorologiaenred.com/climatologia.html>

Prado Paucar , G. F. (2 de Julio de 2015). *Hidrologia Genera: Isoyeta N° 800*. Obtenido de

Slideshare: <https://es.slideshare.net/gabyodarp/isoyeta-n800>

Pulgarin Davila, E. G. (2009). Fórmulas regionales para la estimación de curvas intensidad -

frecuencia - duración basadas en las propiedades de escala de la lluvia (región andina

colombiana). *Fórmulas regionales para la estimación de curvas intensidad - frecuencia -*

duración basadas en las propiedades de escala de la lluvia (región andina colombiana).

Universidad Nacional de Colombia.

Rascón , J., Gosgot Angeles, W., Oliva, M., Quiñones Huatangari, L., & Barrena Gurbillón, M.

Á. (2020). Determinación de las épocas lluviosas y secas en la ciudad de Chachapoyas

para el periodo de 2014-2018. *Revista de Climatología*, 15. Obtenido de

<http://www.climatol.eu/reclim/reclim20b.pdf>

Serna, J. (2015). *Direccion del viento IDEAM*. Obtenido de

<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/TEXTO---Direccion-del-Viento.pdf>

Serna, J. (2015). *Promedio de la velocidad maxima IDEAM*. Obtenido de

<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Promedio-de-la-Velocidad-Maxima.pdf>

Siampieri, R. H. (2014). Metodología de la investigación. En R. H. Siampieri, *Metodología de la investigación*. México D.F.: Interamericana editores, S.A. de C.V.

TÉMEZ, J. (1978.). Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. *Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid. España.

todocolombia.com. (s.f.). Obtenido de *todocolombia.com*:

<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/index.html>

Villegas, D., Rivas, Y., Pérez, Y., Villegas, S., & Milla, M. (2019). Evaluación de observaciones atípicas en datos climatológicos y en modelos lineales simulados. *Revista de Climatología*, 67. Obtenido de <http://www.climatol.eu/reclim/reclim19g.pdf>

WaterYear. (2003). *aproximacion tecnica al ambiente natural (Rios)*. Obtenido de

<https://sites.google.com/site/cuencadellagopuelo/aproximacion-tecnica-al-ambiente-natural/los->

[rios?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1](https://sites.google.com/site/cuencadellagopuelo/aproximacion-tecnica-al-ambiente-natural/los-rios?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1)

Anexos

Se anexa una carpeta el cual contiene:

- Datos del IDEAM sin depurar usados tanto en isoyetas, como en curvas IDF
- Datos selectos para la generación de isoyetas
- Curvas IDF en hojas de Excel
- Mapas de isoyetas en DWG