	Objeto: "CONTRATAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS DELMUNICIPIO DE PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA"	

ESTUDIO HIDROLOGICO






"MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS DELMUNICIPIO DE PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA"

JAIME HUMBERTO PALACINO AFANADOR
MASTER EN INGENIERIA HIDRAULICA

PIEDRAS
DICIEMBRE 2021

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL DISEÑO 4
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL 4
2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS 4
2.3 ALCANCE 4
3 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO 5
4 HIDROLOGIA 7

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Meta física del proyecto 6

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Localización general del proyecto 5
Ilustración 2 – Localización exacta del proyecto 6

1 INTRODUCCIÓN

En cumplimiento de los requisitos contractuales en proyectos de inversión se hace entrega mediante el presente documento del Estudio Hidrológico para el MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

Junto con este informe se presentan la información secundaria que ha sido tomada como insumo del Consultor de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente colombiana. Se presentan igualmente los cálculos realizados para determinar el Caudal de Diseño y la verificación de obras de drenaje existentes.

2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL DISEÑO

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Realizar el Estudio Hidrológico necesario para la MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS DELMUNICIPIO DE PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- ✓ Identificar las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de las cercanías a la zona de estudio.
- ✓ Determinar el caudal que circulará por la vía objeto de estudio.
- ✓ Verificar la capacidad hidráulica de las obras existentes en la vía objeto de estudio.

2.3 ALCANCE

Como producto del presente estudio y teniendo en cuenta las metodologías establecidas para el mismo, el alcance se limita a los siguientes capítulos y entregables:

- ✓ **Estudio Hidrológico:** En este capítulo se presenta la investigación hidrológica e hidrográfica correspondiente al Municipio de Piedras – Tolima.
- ✓ **Limitaciones del estudio:** En este capítulo se presentan aquellas limitaciones identificadas en los tramos a intervenir en los recorridos de campo realizados por el estructurador del estudio y su equipo de trabajo.
- ✓ **Conclusiones y recomendaciones:** En este capítulo se presentan las consideraciones del estructurador del estudio conforme a las condiciones propias de la vía a intervenir y las recomendaciones técnicas consideradas necesarias para el cumplimiento de los parámetros previamente establecidos.

3 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

Las vías objeto del presente estudio se encuentran ubicadas en el casco urbano del Municipio del Piedras, Departamento del Tolima.

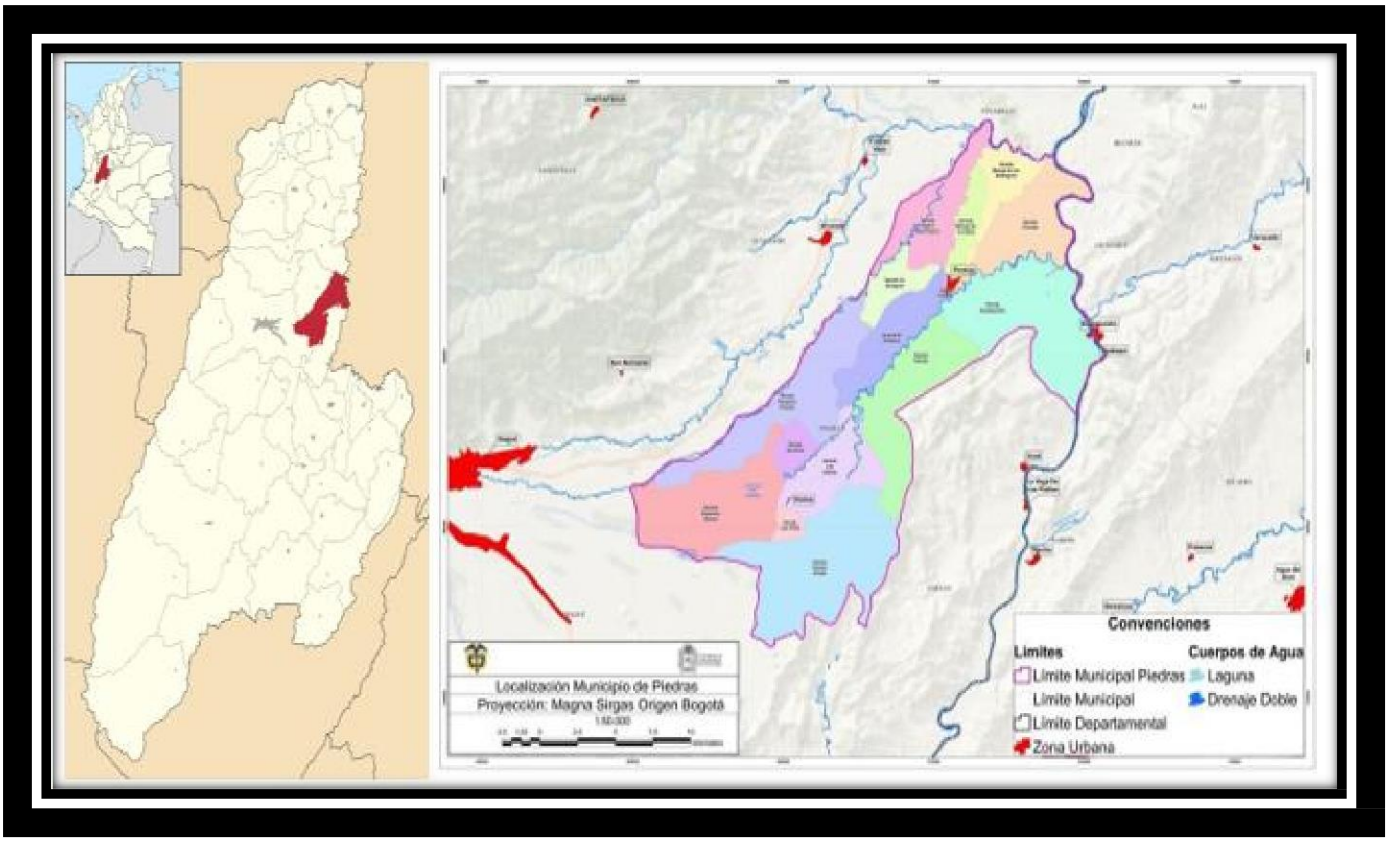


Ilustración 1 – Localización general del proyecto
Fuente: Elaboración propia del equipo consultor

Los sectores contemplados en el presente estudio corresponden a:

Tramo No.	Vías Objeto de Estudio	Longitud a intervenir
8	Calle 2 carreras 3 – 4	105.10
9	Calle 8 carreras 2 – 2a	50.86
10	Calle 8 carreras 2 – vía al rio	121.97
11	Calle 9 carreras 2 – 2a	102.30
12	Calle 8 carreras 4 – 5	136.30
Longitud Total Propuesta para Intervención		**516.53 ml**

Tabla 1 – Meta física del proyecto
Fuente: Elaboración propia del equipo consultor



Ilustración 2 – Localización exacta del proyecto
Fuente: Elaboración propia del equipo consultor

El proyecto consiste en la "Consultoría Técnica, Administrativa, Financiera y Ambiental Para La Realización de los Estudios y Diseños para el MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS DELMUNICIPIO DE PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, las cuales requieren ser intervenidos debido a su estado funcional y estructural, así como también por el estado o tipo de material de las redes Hidráulica, Sanitaria y Pluvial de las mismas.

La intervención proyectada corresponde a una estructura de pavimento en concreto hidráulico, con la respectiva reposición de Redes y el mejoramiento urbanístico de los tramos a intervenir.

4 HIDROLOGIA

Según el diagnostico del estudio Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas de CORTOLIMA, y el estudio Formulación del plan de Ordenamiento Ambiental para 500.000 hectáreas de zonas secas del Departamento del Tolima de CORTOLIMA, la red hidrológica del Municipio de Piedras está constituida principalmente por el Río Opia, la cual se caracteriza por ser la corriente hídrica más importante ya que atraviesa gran parte del Municipio y abastece de agua los acueductos de la cabecera municipal y de algunas veredas. Piedras se encuentra localizado en la parte baja y media de la depresión del Magdalena, por lo cual dentro de su perímetro no nace ninguna corriente hídrica importante, sin embargo a lo largo y ancho de su extensión lo cruzan Ríos importantes como el Totare y el Chípalo además del Rio Opia, los cuales todos desembocan en el Rio Magdalena

La cuenca del Río Opia cuenta con un área total en el departamento de 32.101,1 hectáreas; en su recorrido cuenta con 19 Microcuencas entre las Microcuencas afluentes del Río Opia, están las quebradas: La Venta, La Ventanilla, Seis Palmas, Miragatos, y Armadillos fuentes de las cuales las aguas son desviadas o represadas para ser utilizadas en el riego de los cultivos de arroz y sorgo y consumo de ganado de algunas haciendas.

Las tierras del Municipio están bañadas por los Ríos Magdalena, como arteria principal, Opia, Chípalo, Totare y Piedras, las Quebradas Miragatos, y Doima.

Descripción de las principales microcuencas

Microcuenca del Río Chípalo. El Río nace en las estribaciones de la Cordillera Central en el Municipio de Ibagué, a una altitud de 2000 m, y desemboca en el Río Totare a una altitud de 275 m, en su trayectoria recorre los Municipios de Alvarado e Ibagué, sirviéndoles de limite hasta desembocar en el Río Totare. Su cuenca ocupa un área de 2639 hectáreas dentro del Municipio. Se constituye en la corriente más contaminada del Municipio, dado que muchos de los colectores del alcantarillado de la ciudad de Ibagué vierten sus aguas residuales al Río con vertimientos orgánicos, y químicos industriales; como también las aguas de descole de las arroceras, con agroquímicos y envases de insumos como pesticidas, herbicidas, fertilizantes, de los agricultores de la Ciudad de Ibagué y de los pobladores ribereños en el Municipio, contribuyendo al deterioro de la calidad de las aguas del Río.

Rio Totare. El Municipio de Piedras cuenta con una extensión de 35.486,39 hectáreas de las cuales 8.205,88 hectáreas, equivalentes al 5,74%, se encuentran dentro del perímetro de la cuenca mayor del Río Totare. El Río Totare nace en la Laguna El Encanto a una altitud de 3.963 m, y desemboca

en la margen izquierda aguas abajo del Río Magdalena a 216 m, de altitud; la dirección del cauce principal es de Oeste a Este.

El Río Totare reviste una notoria importancia debido a la amenaza de una eventual activación del Volcán Nevado del Tolima, pues en esta zona se podría generar un deshielo que transportaría un volumen abundante material de suelo y volcánico de igual manera se podría presentar un fenómeno de remoción en masa producto de la inestabilidad en la parte media y alta de la Cuenca.

Microcuenca de la Quebrada Agua Blanca – Honda Esta Microcuenca pertenece a la subcuenca del Río Opia, ubicada en el costado sureste del Municipio, nace a una altitud de 750 m, en el Municipio de Piedras y desemboca en el Río Opia a una altitud de 420 m, en el mismo Municipio, tiene un área de 2.878 hectáreas, y sus aguas son utilizadas en su gran mayoría para riego de arroz y sorgo, y ganadería por lo que reciben altas cagas de contaminantes de residuos químicos y las aguas servidas del paradero de Chípalo

Microcuenca Quebrada Patema – Arenosa. Esta Quebrada nace a los 650 m, de altitud en la Vereda Góngora y desemboca en el rio Totare a 250 m, de altitud, con un área de 3.165 hectáreas, sus aguas son utilizadas como abrevadero para ganado en menor escala para consumo humano y como descarga de aguas lluvias, sanitarias, de galpones y cocheras de algunas viviendas de la cabecera municipal, la tala indiscriminada del bosque marginal ha hecho que disminuya su cauce especialmente en verano.

Microcuenca Quebradas Guarapo y Toqui Toqui. La Quebrada Gaurapo nace en el casco urbano a 400 m, de altitud, y la Toqui Toqui a los 370 m, de alitud en la Vereda Chicala y desembocan en el Río Totare; de la Quebrada Guarapo es afluente la Quebrada Caño Seco o Caimitales, la cual recibe la descarga del alcantarillado de la cabecera sin ningún tipo de tratamiento.

Microcuenca Quebrada Chaguala. Nace en la Cuchilla La Balsa, en el Municipio de Piedras a una altura de 850 m, y desemboca en el Municipio de Coello a 270 m, de altitud, sus aguas son utilizadas como abrevadero del ganado y en menor escala para consumo humano, y como fuente para evacuar los residuos domésticos de algunas haciendas.

Tabla 3. Caudales para acueductos concesionados por CORTOLIMA en el Municipio de Piedras – Tolima.

Acueducto	Fuente Abastecedora	Caudal concesionado Lit/seg.
Municipio de Piedras	Rio Opia	16,090
Acueducto comunal Vereda Góngora	Q. Buenos Aires	1,150

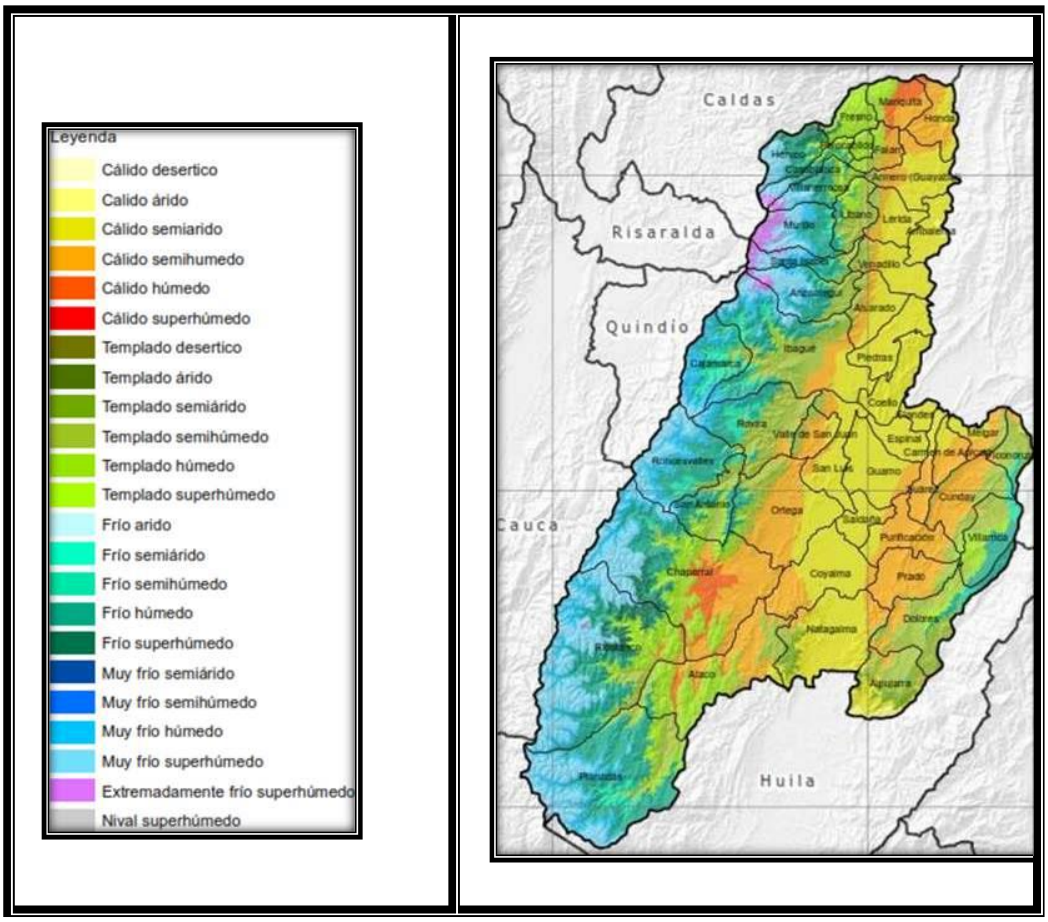
Fuente: Cortolima, 2009.

CLIMATOLOGÍA

La climatología del Municipio está enmarcada por la posición latitudinal del Municipio y la zona de confluencia intertropical (que fija el clima general en Colombia) y la posición del valle longitudinal del Magdalena y la presencia de la cordillera Central. Los datos existentes se tomaron en base a la estación de Piedras y estación Aeropuerto de Perales de Ibagué.

A continuación, se hace una descripción de los elementos meteorológicos: precipitación. También se describe la clasificación climática, con base en el atlas del IDEAM

En la siguiente Figura, se presenta el mapa de tipos de clima que se presentan en el departamento del Tolima, para el municipio del PIEDRAS, interés de estudio el clima que se presenta es cálido semiárido de la zona del municipio.

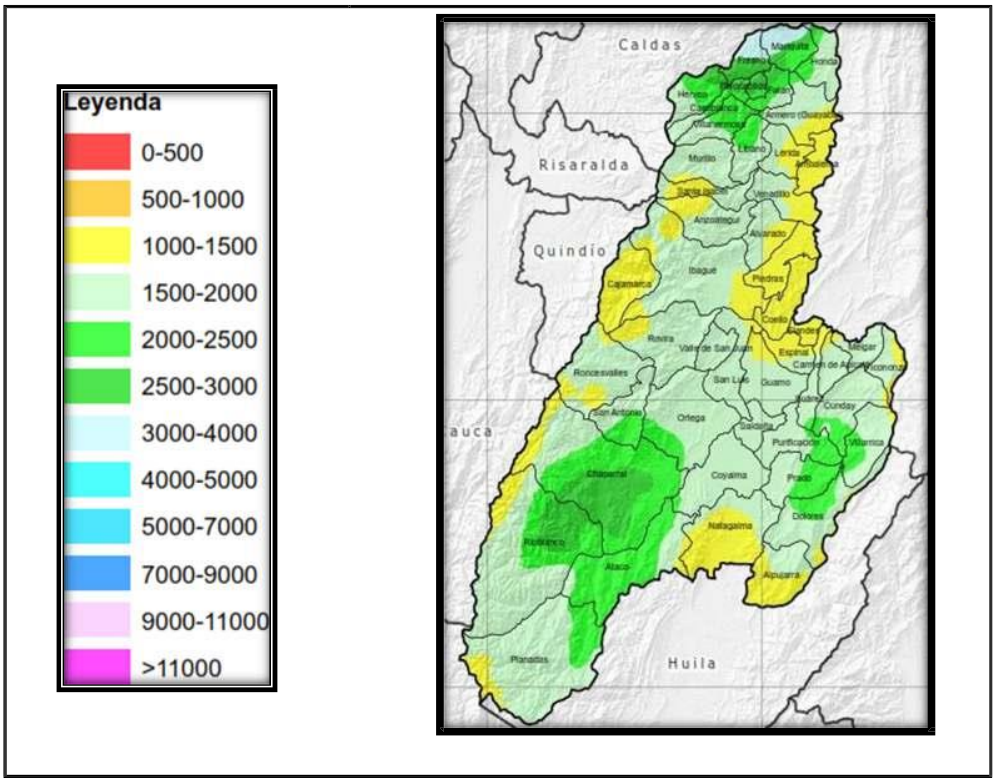


Clasificación Climática Departamento del Tolima. Fuente IDEA

PRECIPITACIÓN

Según el EOT, del Municipio de Piedras La precipitación promedio anual de lluvias del Municipio es de 1.618 mm, las precipitaciones más bajas entre 1250 y 1300 mm se registran al noreste del Municipio orillas del Río Magdalena, el régimen de lluvias es bimodal; Se presentan dos periodos lluviosos intercalados con dos periodos secos, el primer periodo lluvioso ocurre entre los meses de Abril y Mayo, siendo el mes de Mayo el más lluvioso en toda el área municipal, a excepción de los sectores aledaños al rio Magdalena que tienen su máximo en Abril. El segundo periodo lluvioso se sucede en la mayor parte del Municipio entre Septiembre y Octubre, la precipitación más baja se registró en el año de 1992 con 834 mm, y la más alta registrada en 1975 con un total de 1.868 mm. Analizadas las décadas de los setenta, ochenta y noventa, se aprecia la ligera tendencia a la reducción de la precipitación anual.

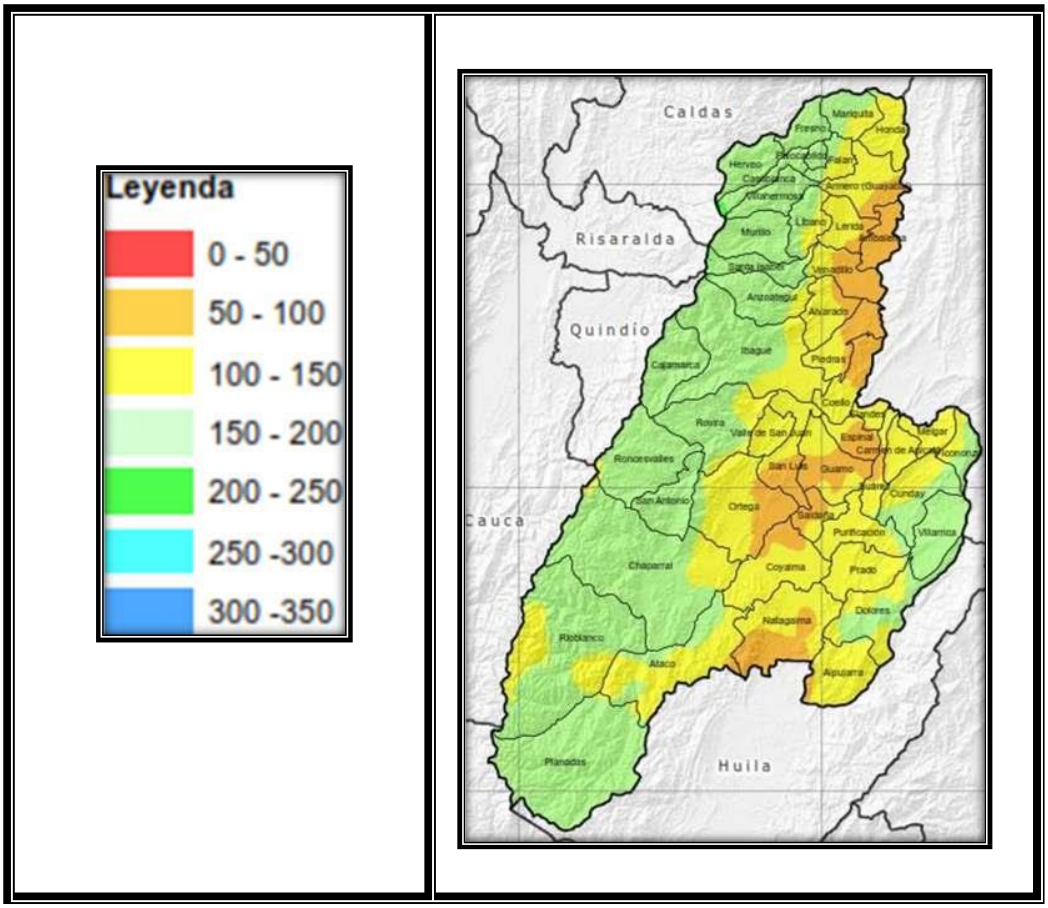
En la Figura se representa el mapa del Departamento del Tolima, con las precipitaciones que se tienen a lo largo del departamento, donde se puede observar que los máximos valores de precipitación se tienen en el sur y norte del departamento, con precipitaciones que van desde los 2000 hasta casi los 4000 mm en precipitación anual, para el municipio de PIEDRAS se tiene que en gran parte de la extensión del municipio oscila entre 1000 y 1500 mm de precipitación total anual.



Fuente IDEAM

Número de Días con Lluvia.

En la Figura, se presentan los días con lluvia para el departamento del Tolima, gran parte del departamento oscila entre 50 y 150 días con lluvia, para el municipio de PIEDRAS, en gran parte, casi la totalidad del municipio, se tienen entre 100 y 150 días con lluvia.



Fuente IDEAM

TEMPERATURA

El comportamiento de la temperatura ambiente está relacionado fundamentalmente con la altitud, en el Municipio la temperatura media se presenta entre los 28,1oC, en el extremo nororiental desembocadura del Río Totare al Río Magdalena y los 23,5oC, en el extremo sur parte alta del Cerro Las Tetas de Doima, punto más alto del Municipio. En la cabecera municipal la temperatura promedio es de 27,1oC; en la Inspección de Doima es de 26,1oC, y en Guataquicito 28oC, el régimen de temperaturas también es bimodal los periodos de altas temperaturas se sitúan entre Enero y Marzo

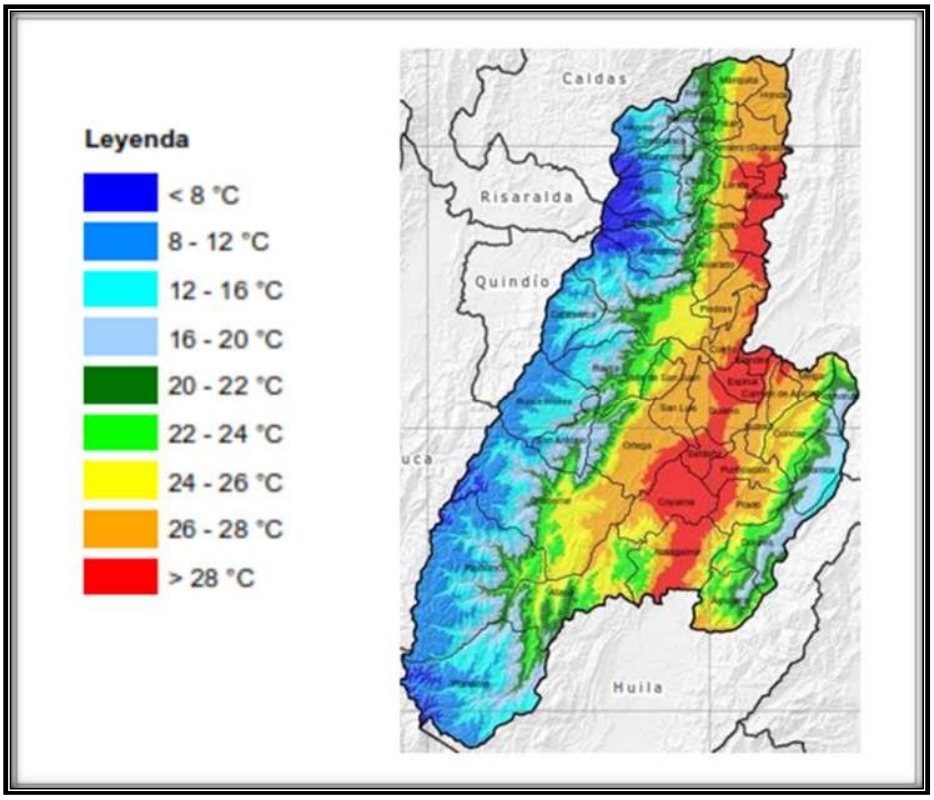
y entre Junio y Septiembre, el resto de los meses la temperatura desciende. (En la Tabla 4 se observa la zonificación climática, utilizando el método de Caldas Lang)

Tabla 4. Clasificación Climática del Municipio de Piedras según Caldas Lang.

Clase de Clima	Área (hectáreas)	Porcentaje
Cálido Semiárido	34.610	97%
Cálido Semiárido Transición Semihúmedo	900,00	3%

Fuente. PBOT, Municipio de Piedras 2000

El mapa de temperatura media anual para el departamento del Tolima se muestra en la Figura, se puede observar que el departamento tiene una temperatura que va aumentando desde el oriente del departamento donde se alcanzan temperaturas al punto que se consideran Niveles, hacia el centro del departamento donde se tienen zonas cálidas (Temperaturas mayores a 24°C) y adicionalmente en la parte más occidental del departamento se vuelven a presentar zonas de climas templados y fríos. Para el municipio de PIEDRAS se presenta una diferencia con respecto a la dinámica departamental de temperaturas siendo en la zona oriental del departamento con temperaturas entre los 24 y 28°C.



Fuente IDEAM

HUMEDAD RELATIVA

Los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, son los de más baja precipitación y de baja humedad relativa, la humedad promedio se mantiene en el 76%, los promedios de máxima humedad se mantienen en el 85%, y los de mínima humedad en el 65%, la máxima humedad promedio mensual registrada en el periodo histórico alcanzó el 89% y ocurrió en Noviembre de 1994 y la mínima de 49% y ocurrió en Agosto de 1982.

Brillo solar

La máxima insolación ocurre en los meses de Julio y Agosto con un total de 194 horas mensuales equivalentes a 6 h 15 minutos de sol por día; y la menor ocurre en los meses de Abril y Marzo con un promedio de 135 y 138 horas que equivalen a 4 horas 30 minutos y 4 horas 27 minutos respectivamente. Estas estadísticas reflejan una adecuada intensidad lumínica durante todo el año, incluso en los meses de alta precipitación.

Evapotranspiración potencial

En los meses de Abril, Mayo y Noviembre el suelo permanece saturado; durante los meses de Julio y Agosto el suelo no dispone de agua para las necesidades de la plantas, pero el resto del año se `presentan las condiciones de humedad adecuadas para las necesidades de los pastos y cultivos y en general para el desarrollo de la vegetación. La evapotranspiración promedio para la cabecera municipal es de 1700 mm, y en el sector de Guataquicito es de 1800 mm.

Amenazas naturales

Amenazas por flujos laháricos

La amenaza por flujos laháricos se concentra en el abanico aluvial del Río Totare, que localizado al norte de la cabecera municipal, que tiene su origen en la actividad reciente del Río Volcán Nevado del Tolima. Según los expertos de INGEOMINAS técnicamente el Volcán Nevado del Tolima se considera activo; ya que la mayoría del terreno es plano y bajo que fácilmente podrían ser alcanzados por el lahar.

Amenaza por Inundación

Los puntos principales de inundación en el Municipio son: El centro poblado de Guataquicito, localizado en la planicie aluvial del Magdalena, los sectores conocidos como balnearios La Fragua y Caracolí, los sectores del valle aluvial del Río Totare al norte del Municipio y sectores aislados del Río Chípalo, la Quebrada Doima y otras corrientes menores en el abanico de Ibagué. Uno de los mayores riesgos de inundación está relacionado con actividad aluvio-torrencial de la quebrada Ambiro, proviene de la cordillera Oriental, al presentarse una temporada de lluvias intensa, puede generar

flujos de lodo o de piedra de la parte alta que terminan en inundaciones en la parte baja de Guataquisito.

De igual forma existen factores detonantes que pueden ayudar a que se presenten incendios forestales como es cuando se presentan veranos largos (sequía) y que afectan a la mayor parte del territorio municipal, especialmente en los meses de Enero a Marzo y los meses de Julio y Agosto, donde la precipitación no alcanza a cubrir las demandas de evapotranspiración de las plantas y cultivos.

Amenaza por remoción en masa

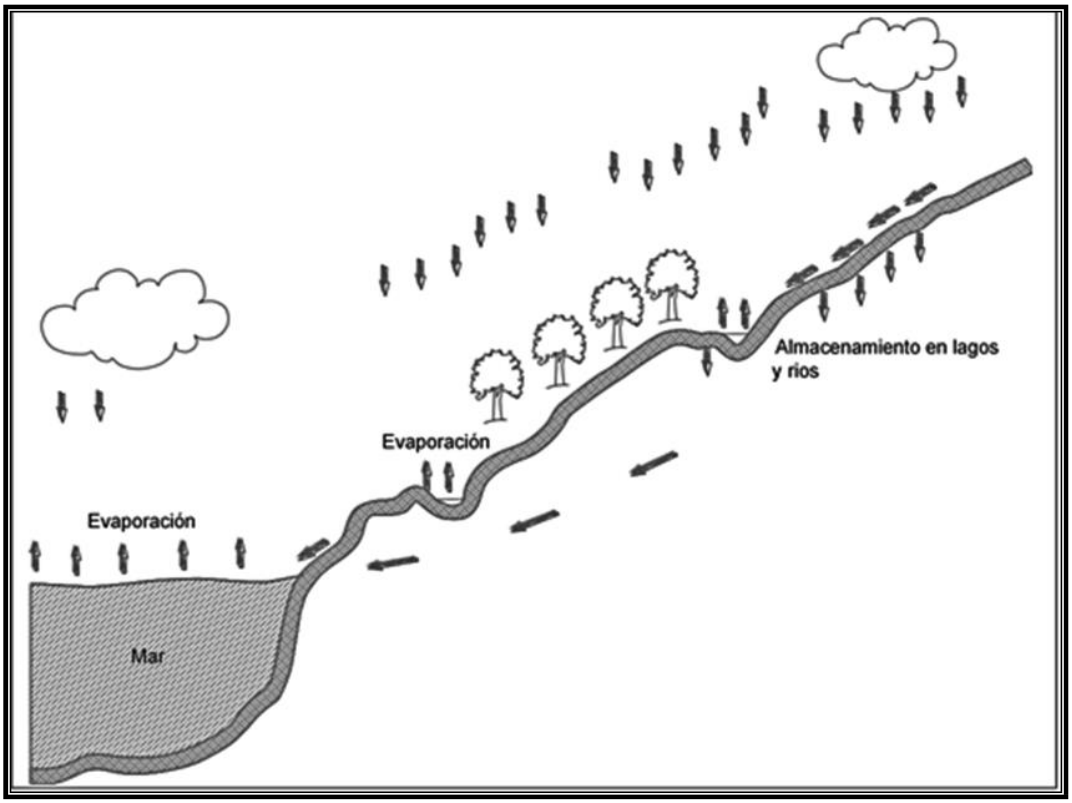
Caida de rocas y deslizamientos: Esta amenaza es potencialmente alta en las vertientes disectadas de abanico principalmente en el Río Opia, específicamente en los sectores del balneario Caracoli, y en las Cuencas de las Quebradas Guarapo, La Arenosa, Caimitales y los Solares. Los deslizamientos se presentan en los sectores donde afloran rocas del Batolito de Ibagué y que presentan pendientes altas.

ESTUDIO HIDROLOGICO.

El ciclo hidrológico es el fenómeno por el cual el agua permanece en movimiento en los diferentes estados. Este ciclo, que puede empezar por ejemplo con la precipitación, consiste en una parte retenida por el terreno, otra que se evapora y la última que penetra en la superficie, formando parte del agua de escorrentía. El agua que se evapora es transportada por intermedio del aire que está en movimiento; son procesos que ocurren en la naturaleza en forma continua y permanentemente, cuyo resultado es que el ciclo no presente ni principio ni fin.

Una buena proporción del agua retenida por almacenamiento de lagos y ríos, así como por las plantas es devuelta a la atmosfera mediante los procesos de evaporación y transpiración. Igualmente, buena parte del agua lluvia proviene del fenómeno de evaporación sobre el agua del mar; el agua que logra penetrar la superficie terrestre forma parte de la necesaria para conservar la humedad del suelo y mantiene los almacenamientos subterráneos, donde puede continuar su flujo hacia los lagos, ríos y océanos.

Figura. Ciclo Hidrológico del Agua



El agua que se ha evaporado, en ciertas condiciones, se condensa para formar nubes que luego forman las precipitaciones, las cuales se dan al producirse la condensación del vapor debido al enfriamiento de una parte de la masa de aire contenida en la atmosfera.

Para el respectivo análisis del clima a partir de la información suministrada por el IDEAM, se toman las estaciones cuya característica es la Climatológica Ordinaria, las cuales poseen información de Temperatura, Humedad Relativa y Tensión de Vapor, por esta razón se escoge para el análisis la estación PIEDRAS.

PRECIPITACIONES.

El análisis de la precipitación tanto temporal como especial se realizó con los valores totales mensuales medios de la serie histórica de las estaciones nombradas en el capítulo anterior, para la estación PIEDRAS, se considera la serie comprendida entre los años 1981 - 2010. La precipitación está marcada a lo largo del año por el movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la zona ecuatorial.

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEV	LONGITUD	LATITUD
21220040	PM	Piedras	Piedras	Tolima	540	74°52'50.4"W	4°32'14.4"N

PRECIPITACIÓN (mm)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
51.4	84.7	106.4	183.9	194.2	89.2	54.6	63.5	164.0	156.9	114.1	67.8	1320.1

NUMERO DE DÍAS CON LLUVIA												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
4	6	8	12	11	6	5	5	9	10	8	5	87

TIEMPO DE CONCENTRACION

Es común definir el tiempo de concentración como el tiempo necesario de la partícula más alejada hidráulicamente para llegar al punto donde está la salida del área o donde se efectúa la captación para su posterior disposición final. En un sistema de captación de aguas lluvias, el tiempo de concentración está formado por dos tiempos parciales, así:

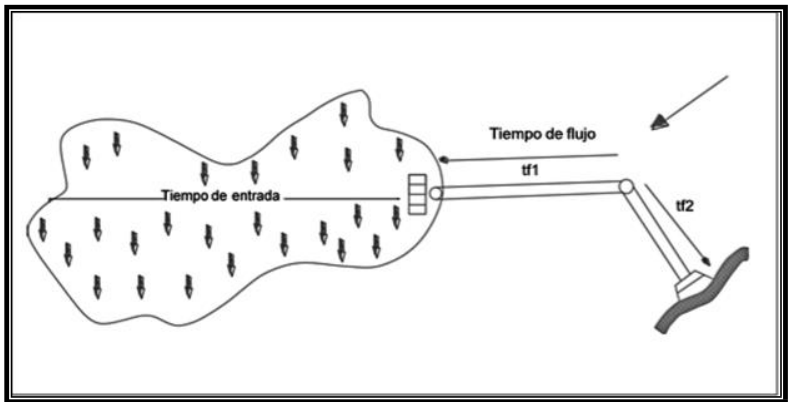
Tiempo de entrada.

Es el tiempo necesario para que la partícula más alejada hidráulicamente llegue al punto de captación. Este tiempo es función de las características del suelo, como tipo de superficie, referente a las dificultades u obstáculos que pueda tener el agua para fluir, la pendiente del terreno, longitud recorrida y grado de saturación del suelo y plantas.

Tiempo de flujo.

El tiempo de flujo es aquel que demora la partícula en recorrer el conducto hasta el punto de disposición final o punto de control.

Figura. Representación gráfica del tiempo de concentración.

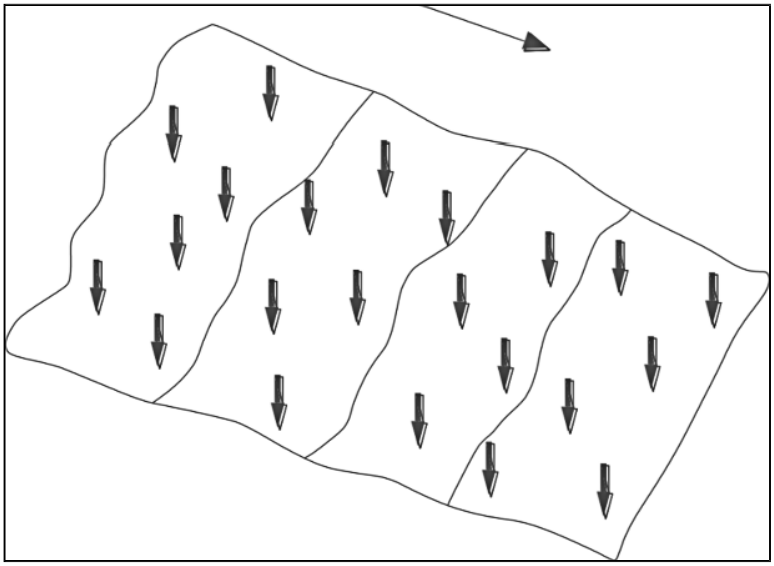


En la figura, puede verse representado el tiempo de concentración en sus dos expresiones, tanto el tiempo de entrada como el tiempo de flujo.

Para una mejor comprensión del término tiempo de concentración y su importancia dentro del análisis de un sistema hídrico, se puede hacer un análisis tomando una determinada área de influencia teniendo en cuanta la dirección del flujo desde el punto de recolección o de control.

Lo mencionado anteriormente se puede evidenciar en la siguiente figura, ya que se dividió en áreas parciales, donde el tiempo de recorrido del agua en cada una de ellas es igual a t, para un tiempo total de concentración de tc.

Figura Representación gráfica del recorrido del flujo.



En la figura, se puede evidenciar las partículas de agua que caen directamente a la captación, en donde al inicio, donde el tiempo es t=0, no hay agua en el lugar de captación, y por consiguiente su caudal es Q=0.

En la figura, se puede evidenciar que con el paso del tiempo van llegando las gotas de lluvia intermedias a las líneas, es así como el caudal de captación va aumentando debido a que cada vez más llegan partículas de agua.

En conclusión, se puede afirmar que el caudal máximo se presenta cuando el tiempo de duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración.

CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA

De acuerdo a la información solicitada al instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), se recibió, realizando un procesamiento de la información recibida en cuanto a datos de pluviometría, se determinaron las curvas IDF.

Las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), son una técnica que permite obtener información de las lluvias esperadas en una región, teniendo en cuenta tres de sus variables más importantes: su intensidad, duración y frecuencia o tiempo de retorno. Esta técnica, aunque antigua en su concepto, es muy vigente y de amplio uso en ingeniería, sobre todo para el diseño de obras hidráulicas y de gestión de recursos hídricos.

Las curvas IDF, se presentan generalmente como un grupo de curvas, cada una de las cuales representa un período de retorno dado. En el eje X se tiene la duración del evento (lluvia) y en el eje Y, la Intensidad del mismo. Se debe hacer claridad que para poder utilizar esta técnica, se debe contar con una estación meteorológica cercana, la cual debe contar con mediciones hidrológicas de un periodo largo, ojala 30 años, necesariamente obtenidas con pluviógrafo, dado que lo que se analiza es el pluviograma, en este caso se obtuvo la información de la estación PIEDRAS.

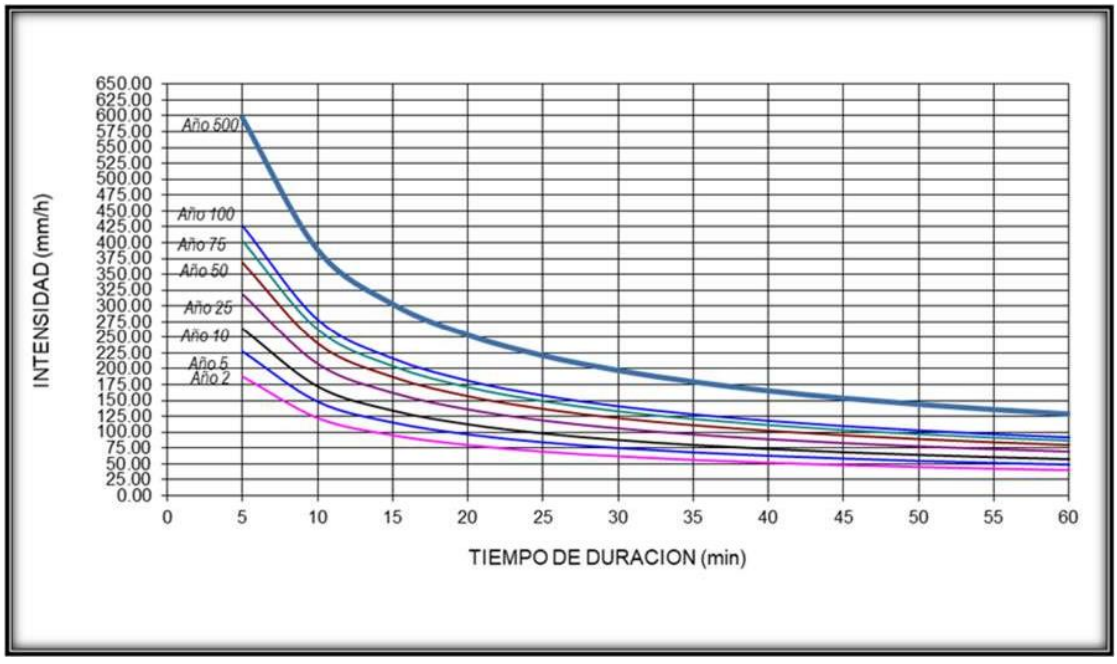
Figura. IDF PIEDRAS

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno

Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	25	30
2	187.75	122.47	95.39	79.89	69.62	62.22
5	227.56	148.44	115.61	96.83	84.38	75.41
10	263.19	171.68	133.72	111.99	97.60	87.22
25	319.00	208.08	162.07	135.73	118.29	105.72
50	368.95	240.67	187.45	156.99	136.82	122.27
75	401.72	262.05	204.10	170.93	148.97	133.13
100	426.73	278.36	216.80	181.57	158.24	141.42
500	598.20	390.21	303.92	254.54	221.83	198.25

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación)..)

Frecuencia						
años	35	40	45	50	55	60
2	56.58	52.11	48.46	45.41	42.82	40.59
5	68.58	63.16	58.74	55.04	51.90	49.19
10	79.32	73.05	67.93	63.66	60.03	56.90
25	96.14	88.54	82.34	77.16	72.76	68.96
50	111.19	102.40	95.23	89.25	84.15	79.76
75	121.07	111.50	103.69	97.17	91.63	86.84
100	128.60	118.44	110.15	103.22	97.33	92.25
500	180.28	166.03	154.41	144.70	136.44	129.32



Estación: 21220040 PIEDRAS
INFORMACIÓN BASE DESDE 1981 A 2010

En la figura mostrada anteriormente se puede visualizar el comportamiento de la magnitud de la lluvia en cuanto a la duración de la misma, toda representada a lo largo de diferentes periodos de retorno.

En términos generales para la construcción de una curva IDF, se siguieron los siguientes pasos.

1. Se determina el periodo de registro con que se cuenta ([años]), en este caso el periodo de registro entre más rango tenga será mucho mejor.

2. Para cada año se seleccionaron los 12 meses lluvias (magnitud [mm]).

3. Para cada año, del pluviograma de los 12 meses de lluvias, se determinó la intensidad [mm/min], para los siguientes periodos de tiempo: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 minutos.

4. Para cada año y tiempo de observación, se escogió la mayor intensidad de las mediciones de los 12 meses lluvias.

5. Se convirtieron las intensidades encontradas en el paso anterior de [mm/min] a [mm/hora].

6. Se construyó una Tabla donde se colocó en la primera columna los años de medición, seguido de columnas donde se colocan los valores de Intensidad, conservando una columna para cada uno de los periodos de tiempo seleccionados.

7. Teniendo la tabla donde se relacionan los años de medición con los valores de la intensidad variando los periodos de tiempo se calculó la probabilidad de estas intensidades usando la distribución de valores extremos o de Gumbel.

8. Con las ecuaciones de las rectas, para cada duración, obtener los valores de intensidad máxima para 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años.

9. Con estos datos, se construye la curva IDF.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El análisis hidrológico se realizó teniendo los datos de la estación Piedras. La cual posee datos de promedios anuales dentro de los años 1981 al 2010.

Análisis Estadístico de Datos de Precipitación.

Con las estaciones presentadas en la Tabla, se procede a realizar el respectivo análisis estadístico de los datos de precipitación máxima en 24 horas mensual multianual, partiendo de la eliminación de datos dudosos que harán que los modelos presenten mayores errores al momento de su ejecución y posteriormente se realiza el análisis de las distribuciones de probabilidad para determinar la de mejor ajuste de los datos, y poder trabajar con los resultados de las precipitaciones mediante la aplicación de la metodología de Curvas IDF, ajustadas a los periodos de retorno de la distribución que mejor se ajuste a los datos.

Precipitaciones de corta duración.

La determinación de las características de la precipitación de corta duración, en el análisis de estabilidad o en el diseño de obras hidráulicas de control y manejo de la escorrentía superficial, inicia con el uso de una tormenta o evento extremo, que involucra una relación entre su intensidad, en un delta de tiempo, su duración y las frecuencias o periodos de retorno. En este sentido, las curvas IDF son representaciones de las características de un evento máximo para un sitio o localidad; con ellas el diseñador, apoyado en criterios técnicos y económicos, establece las obras requeridas para el control y manejo del drenaje.

La variación espacial de la lluvia de corta duración se construyó a partir de las precipitaciones máximas diarias, ya que no se contó con información de precipitación horaria en la zona de estudio. El método que se usó fue el de las

La ecuación general para obtener las intensidades está dada por:

$$i = \frac{a * T_r^{\,b} * M^{d} * N^{e} * PT^{f}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{C}}$$

Donde:

i	=	Intensidad en mm/h.
Tr	=	Periodo de retorno en años.
M	=	Precipitación máxima diaria promedio en mm.
PT	=	Precipitación media anual.
N	=	Número de días con lluvia al año.
t	=	Tiempo de lluvia en minutos.

a, b, c, d, e, f = Parámetros de ajuste.

Para el caso concreto de la zona del estudio el proyecto se ubica dentro de la clasificación del INVIAS en la Región R1 (Región Andina) y los parámetros de juste se presentan en la Tabla.

Tabla. Valores de los Coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas de Intensidad, duración, frecuencia, IDF, para Colombia. Fuente: INVIAS 2009

REGION	a	b	c	d	e	f
Andina (R1)	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08
Caribe (R2)	8.51	0.21	0.50	-0.01	-0.08	0.28
Pacífico (R3)	2.31	0.19	0.58	-0.20	0.12	0.40
Orinoquía (R4)	1.3 E-26	0.19	0.58	1.19	-1.46	8.28

Para el cálculo del parámetro M, se realiza el promedio de los valores máximos de precipitación según los datos de la estación Piedras

Para el cálculo del parámetro N, referencia al número de días con lluvia al año según los datos de la estación Piedras

Para el cálculo del parámetro PT, referencia precipitación media anual según los datos de la estación Piedras

Tabla. Valores de M para estaciones de estudio.

Estación	M	N	PT
PIEDRAS	110.89	87	1.320,10

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, y cambiar sus parámetros para la región Andina se obtiene la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1.61 * T_r^{0.19} * M^{0.75} * N^{-0.15} * PT^{0.08}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0.65}}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (Tr), y la duración (t) se obtiene los valores de intensidad para las estaciones de estudio.

Tabla. Resultados obtenidos para las curvas IDF INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA para la Estación PIEDRAS (Valores en mm/h).

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno						
Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	25	30
2	187.75	122.47	95.39	79.89	69.62	62.22
5	227.56	148.44	115.61	96.83	84.38	75.41
10	263.19	171.68	133.72	111.99	97.60	87.22
25	319.00	208.08	162.07	135.73	118.29	105.72
50	368.95	240.67	187.45	156.99	136.82	122.27
75	401.72	262.05	204.10	170.93	148.97	133.13
100	426.73	278.36	216.80	181.57	158.24	141.42
500	598.20	390.21	303.92	254.54	221.83	198.25
Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación...)						
Frecuencia						
años	35	40	45	50	55	60
2	56.58	52.11	48.46	45.41	42.82	40.59
5	68.58	63.16	58.74	55.04	51.90	49.19
10	79.32	73.05	67.93	63.66	60.03	56.90
25	96.14	88.54	82.34	77.16	72.76	68.96
50	111.19	102.40	95.23	89.25	84.15	79.76
75	121.07	111.50	103.69	97.17	91.63	86.84
100	128.60	118.44	110.15	103.22	97.33	92.25
500	180.28	166.03	154.41	144.70	136.44	129.32

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que las condiciones de diseño obedecen a series históricas de pluviometría en la zona de influencia, se debe verificar al momento de ejecutar las actividades que las condiciones de diseño tales como pendientes, materiales y demás consideradas continúen siendo las mismas, lo anterior teniendo en cuenta que se mantenga la validez del presente diseño.

Cualquier modificación al diseño debe ser consultada previamente al diseñador, so pena de incurrir en modificación del mismo y perder la validez.

Jaime Humberto Palacino Afanador
Maestro En Ingenieria Hidraulica
Cédula: 14.232.412 de Ibagué
Matricula Profesional: 25202-19921 CND