



“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”

FASE 1

SE ACLARA QUE ESTA CONSULTORIA OBEDECE AL MEJORAMIENTO DE 4 TRAMOS Y UN ÁREA TOTAL DE 16.000 M2, DE LOS CUALES SE EJECUTARA LA PRIMER FASE DE ESTE PROYECTO, LA CUAL CORRESPONDE AL MEJORAMIENTO DE 2 TRAMOS CON UN AREA TOTAL DE 8.786,41 M2 Y UNA LONGITUD TOTAL DE 1104 Mt.

TRAMOS	INICIO		FIN		ABSCISAS		AREA M2	LONG. ML
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	INICIO	FIN		
TRAMO 1	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	3,993.96	552
TRAMO 2	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	4,792.45	552
							8,786.41	1104



ALCALDIA DE PURIFICACIÓN

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 349 DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024

“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

**PURIFICACIÓN-TOLIMA
2024**

1. INTRODUCCIÓN.

El siguiente escrito contiene datos e información para la determinación de un estudio hidrológico para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.



2. ALCANCE

El siguiente informe establece el estudio hidrológico para la “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.

Por tal motivo se desarrollaron diversas actividades para la recopilación y procesamiento de datos de campo, de igual manera se presentarán los siguientes puntos:

- Recopilación de la información existente proveniente de la investigación de campo. La información se relaciona con la topografía e hidrología del sector.



3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO Y DISEÑO.

Realizar el Estudio Hidrológico e Hidráulico necesario para "LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN TOLIMA".



4. DESCRIPCION DEL ESTUDIO Y DISEÑO

4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra localizado en la avenida Carrera 9 entre las Calles 4E Y 8A del municipio de Purificación en el sur del Departamento del Tolima.

El área total del proyecto es de 16.500 metros cuadrados. Esta vía presenta serias deficiencias en su estructura debido a que no se han hecho mantenimientos de fondo como lo son las rehabilitaciones de pavimentos o la construcción de la totalidad de la estructura.

Además de todo esto, cabe destacar que esta avenida no posee en su totalidad con los andenes y sardineles correspondientes y básicos para poder proteger la infraestructura vial que se requiere en el sector.

4.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

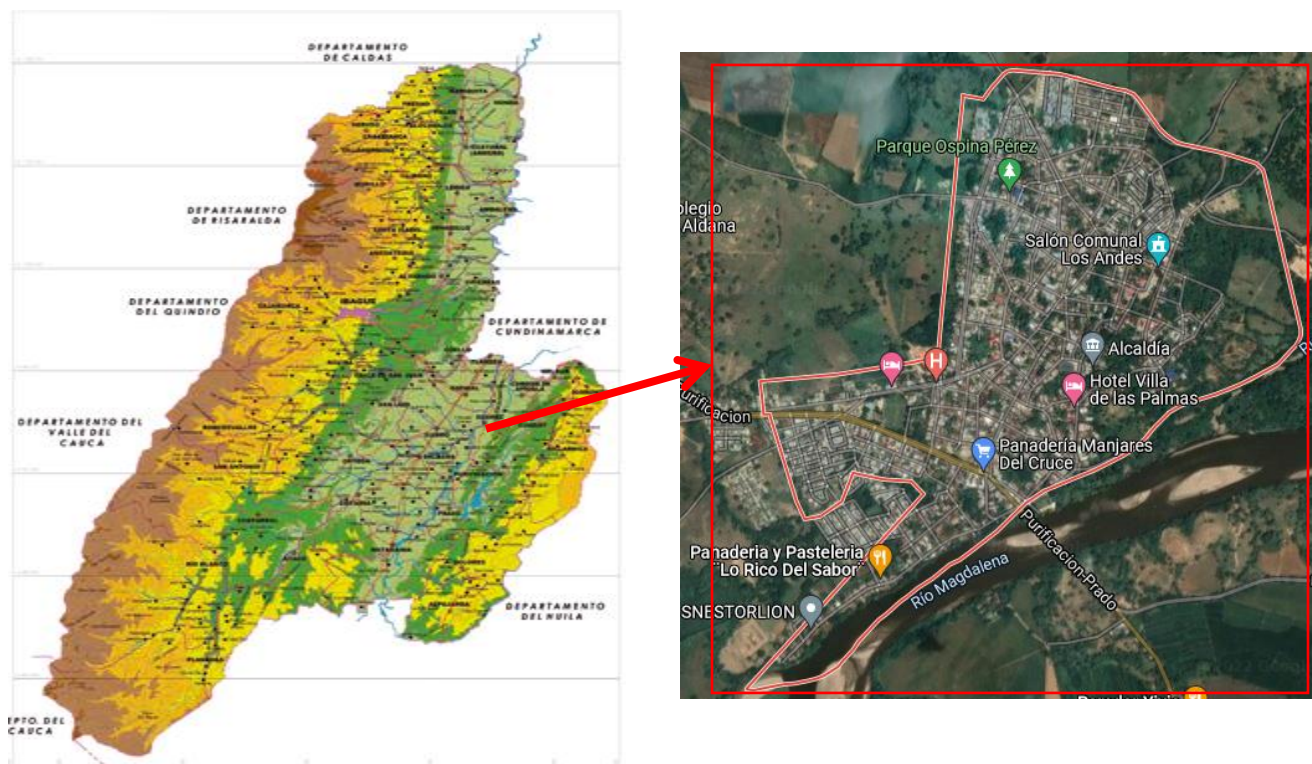
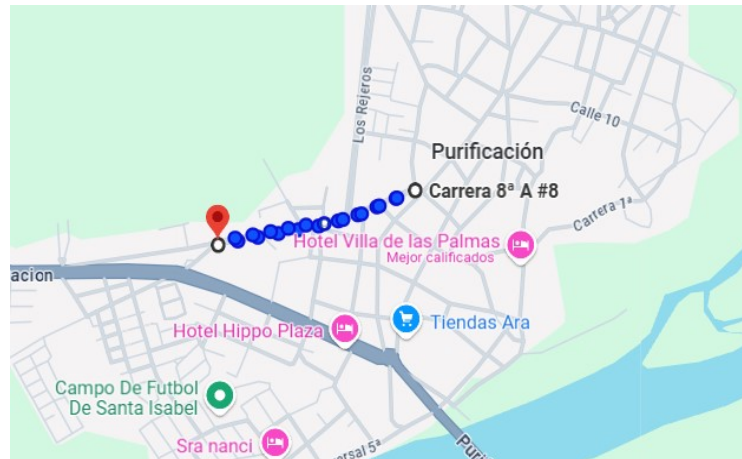
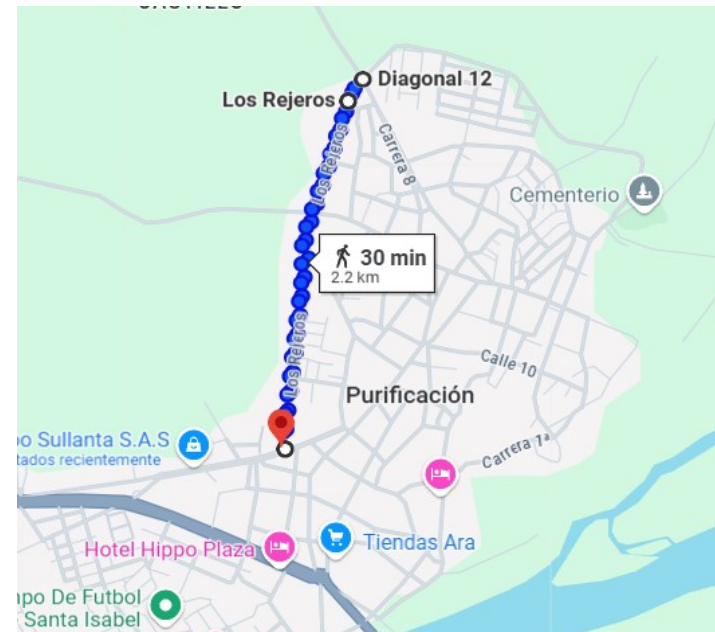


Ilustración 1 - Ubicación geográfica del municipio de Purificación.



TRAMO 1



TRAMO 2



5. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO (AREA A INTERVENIR – CARACTERISTICAS DE LA VIA).

El alineamiento general de algunas vías existentes tanto horizontal como vertical está formado por una estructura existente de pavimento tipo flexible en mal estado la cual carece de estructura en material granular que la pueda soportar y pavimento rígido en otras vías del sector.

Las vías son urbanas; en su mayoría poseen tramos rectos, presentan pocas curvaturas y su pendiente longitudinal promedio es alrededor del 0,7%.

Según La normatividad INVIAS, la tipificación de este tramo vehicular se puede clasificar como vía con una velocidad de diseño de 30 km/hora debido a que es una vía de carácter urbano.

Para el caso de la via Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la via Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el departamento del Tolima presenta un flujo vehicular moderado con un trafico pesado importante debido a que la vía no presenta las condiciones necesarias de transitabilidad y seguridad necesaria.

5.1 NORMATIVIDAD DE LAS ACTIVIDADES Y PARAMETROS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PRELIMINARES.

Se recomienda implementar como mínimo las normas y especificaciones INVIAS que sean necesarias y recomendables según el tipo de labores ejecutadas e intervención.

- **CARACTERISTICAS DE LA VÍA.**

Las características de una vía son todos aquellos elementos físicos propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y el nivel de servicio, como los que se mencionan a continuación:

Carretera típica de terreno plano.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

Para el caso particular de la vía referida anteriormente perteneciente al casco urbano del municipio de Purificación en el departamento del Tolima, esta vía tiene pendientes transversales mínimas y su pendiente longitudinal es del uno coma ocho por ciento (0,7%).



6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

PROYECTO “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”.

6.1 GENERALIDADES

Se pretende realizar el mejoramiento de la vía Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la vía Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación.

El presente numeral tiene por objeto determinar un estudio hidrológico que se utilizará al momento de ejecutar el proyecto vial en cuestión.

Dentro de las actividades necesarias antes del inicio de la construcción de obras que se desarrollan en la vía, se requiere el estudio hidrológico e hidráulico de la zona. A continuación se indicara el proceso y las labores que se desarrollaran para calcular los caudales que se deberán tener en cuenta en caso de que exista necesidad de realizar obras de drenaje que se deberán tener en cuenta para llevar a cabo el proyecto

6.2 ANTECEDENTES

De la región se tienen los datos meteorológicos de la estación la cual está en el municipio de Purificación.

6.3. Recopilación y Análisis de Información Existente.

A partir de la información a la cual se puede acceder en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se determinan las estaciones hidrometeorológicas en la zona del estudio y se procede a recopilar en la totalidad la información de dichas estaciones, las cuales debido a su proximidad con el área de estudio tienen mediciones que pueden ser representativa para llevar a cabo un análisis hidrológico. Del análisis de tal información se puede determinar que los datos de dichas estaciones se encuentran completos y cuentan con unas adecuadas series temporales, lo cual hace que se tenga un mejor ajuste de los datos. Sin embargo, también es útil la información secundaria de la zona como un complemento para la descripción del régimen espacial y temporal de las variables hidrometeorológicas que definen el clima en la zona de estudio.



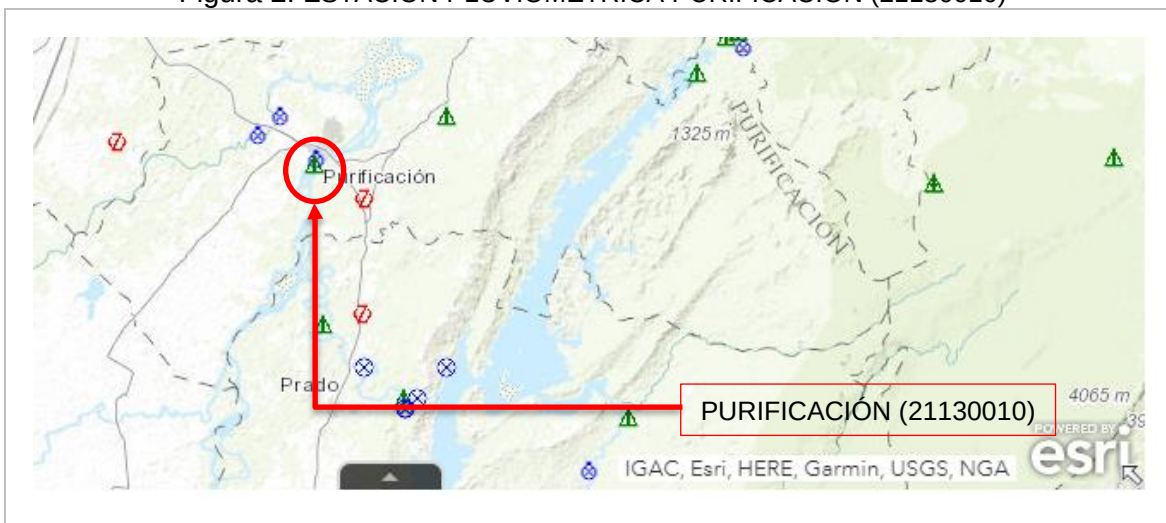
6.4. Información IDEAM

Las estaciones hidrometeorológicas cercanas a la zona de influencia del proyecto se seleccionaron a partir del catálogo de estaciones del IDEAM, estas se presentan en la Tabla 1 y su ubicación se muestra en la Figura 2, adicionalmente en la Tabla 1 se muestra la información que se obtuvo para cada una de las estaciones que se seleccionaron para el análisis.

Tabla 1. Estaciones de Influencia Zona del Proyecto. Fuente IDEAM.

NOMBRE	CODIGO	CATEGORIA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
PURIFICACIÓN	21130010	PLUVIOMÉTRICA	TOLIMA	PURIFICACIÓN

Figura 2. ESTACION PLUVIOMETRICA PURIFICACIÓN (21130010)



Fuente: IDEAM



Tabla 2. VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES										SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL					
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)															
FECHA DE PROCESO : 2018/10/24										ESTACION : 21130010 PURIFICACION					
LATITUD	0351 N	TIPO EST	PM	DEPTO	TOLIMA	FECHA-INSTALACION		1958-MAY							
LONGITUD	7451 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	PURIFICACION	FECHA-SUSPENSION									
ELEVACION	0345 m.s.n.m	REGIONAL	10 TOLIMA	CORRIENTE	MAGDALENA										

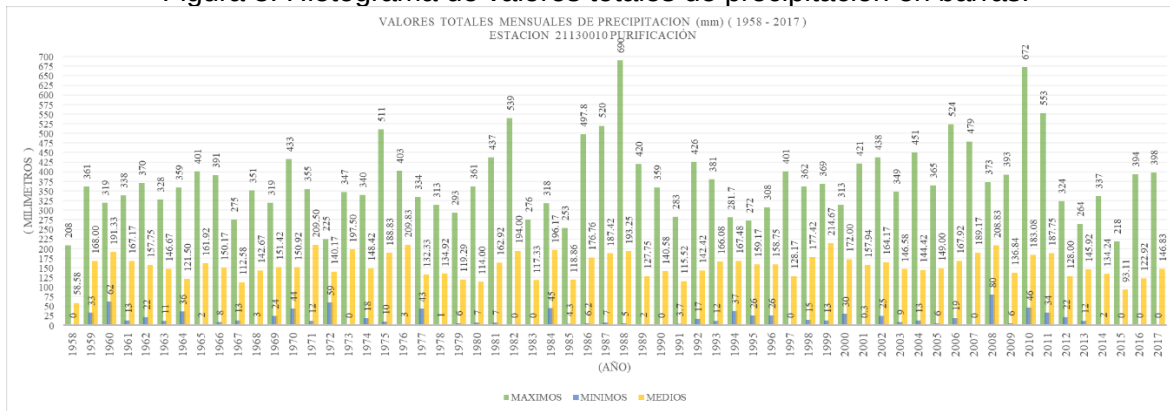
AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL

1958	3	02						52.0	27.0	31.0	54.0	153.0	178.0	208.0	703.0 3
1959	3	02	91.0	33.0	235.0	180.0	142.0	210.0	61.0	135.0	61.0	361.0	204.0	303.0	2016.0
1960	3	02	137.0	222.0	225.0	268.0	319.0	165.0	70.0	62.0	94.0	276.0	248.0	210.0	2296.0
1961	3	02	153.0	28.0	195.0	235.0	220.0	151.0	46.0	13.0	134.0	338.0	182.0	311.0	2006.0
1962	3	02	66.0	92.0	155.0	191.0	237.0	370.0	22.0	46.0	58.0	257.0	318.0	81.0	1893.0
1963	3	02	65.0	309.0	328.0	133.0	163.0	74.0	11.0	63.0	41.0	214.0	286.0	73.0	1760.0
1964	3	02	49.0	67.0	76.0	359.0	231.0	103.0	79.0	111.0	36.0	70.0	235.0	42.0	1458.0
1965	3	02	26.0	108.0	173.0	339.0	140.0	2.0	23.0	108.0	350.0	98.0	401.0	175.0	1943.0
1966	3	02	25.0	74.0	140.0	159.0	210.0	215.0	8.0	93.0	130.0	391.0	227.0	130.0	1802.0
1967	3	02	74.0	116.0	137.0	275.0	174.0	116.0	60.0	13.0	38.0	152.0	105.0	91.0	1351.0
1968	3	02	139.0	162.0	140.0	206.0	136.0	91.0	137.0	3.0	201.0	351.0	64.0	82.0	1712.0
1969	1	01	24.0	167.0	163.0	308.0	131.0	143.0	30.0	26.0	260.0	277.0	319.0	69.0	1917.0
1970	1	01	44.0	77.0	59.0	188.0	278.0	63.0	47.0	56.0	97.0	198.0	271.0	433.0	1811.0
1971	1	01	244.0	172.0	354.0	198.0	355.0	66.0	12.0	90.0	295.0	251.0	265.0	212.0	2514.0
1972	1	01	207.0	62.0	162.0	181.0	225.0	71.0	59.0	111.0	63.0	173.0	193.0	175.0	1682.0
1973	1	01	33.0	.0	214.0	229.0	320.0	160.0	331.0	85.0	231.0	347.0	300.0	120.0	2370.0
1974	1	01	219.0	74.0	18.0	146.0	254.0	100.0	35.0	46.0	260.0	340.0	197.0	92.0	1781.0
1975	1	01	10.0	204.0	161.0	233.0	157.0	148.0	61.0	250.0	183.0	511.0	295.0	53.0	2266.0
1976	1	01	383.0	306.0	223.0	350.0	403.0	45.0 3	3.0	35.0	103.0	222.0	267.0	178.0	2518.0 3
1977	1	01	54.0	156.0	43.0	207.0	91.0	46.0	96.0	87.0	103.0	300.0	334.0	71.0	1588.0
1978	1	01	135.0	12.0	115.0	309.0	313.0	56.0	37.0	1.0	84.0	175.0	233.0	149.0	1619.0
1979	1	01	6.5	86.0	268.0	293.0	234.0	6.0	13.0	53.0	173.0	175.0	177.0	47.0	1531.5
1980	1	01	78.0	98.0	81.0	75.0	77.0	83.0	16.0	93.0	7.0	244.0	361.0	155.0	1368.0
1981	1	01	55.0	151.0	174.0	263.0	400.0	90.0	7.0	106.0	25.0	437.0	283.0	45.0	2036.0
1982	1	01	161.0	101.0	96.0	444.0	258.0	10.0	.0	.0	95.0	455.0	169.0	539.0	2328.0
1983	1	01	157.0	33.0	154.0	276.0	120.0	52.0	17.0	.0	128.0	132.0	125.0	214.0	1408.0
1984	1	01	174.0	265.0	174.0	298.0	318.0	45.0	105.0	233.0	243.0	141.0	187.0	171.0	2354.0
1985	1	01	11.0	50.0	144.0	253.0	248.0	14.0	4.3	53.0	234.0	205.0	192.0	18.0	1426.3
1986	1	01	202.0	149.6	162.0	400.0	263.0	62.0	7.0	6.2	211.1	497.8	81.0	79.4	2121.1
1987	1	01	198.0	78.0	55.0	212.0	474.0	53.0	85.0	7.0	107.0	520.0	361.0	102.0	2252.0
1988	1	01	94.0	93.0	5.0	690.0	145.0	88.0	150.0	226.0	155.0	106.0	418.0	249.0	2419.0
1989	1	01	105.0	72.0	192.0	155.0	142.0	99.0	8.0	30.0	39.0	269.0	220.0	2.0	1333.0
1990	1	01	192.0	211.0	130.0	134.0	215.0	15.0	69.0	46.0	137.0	359.0	279.0		1787.0 3
1991	1	01	30.0	84.0	197.0	192.0	163.0	30.6	14.1	3.7	120.0	131.8	137.0	283.0	1386.2
1992	1	01	87.0	17.0	119.0	193.0	116.0	163.0	163.0	20.0	159.0	48.0	198.0	426.0	1709.0
1993	1	01	109.0	207.0	153.0	242.0	210.0	13.0	16.0	12.0	284.0	184.0	381.0	182.0	1993.0
1994	1	01	167.0	114.0	242.0	264.0	281.7	155.0	49.0	37.0	232.0	116.0	280.0	72.0	2009.7
1995	1	01	51.0	56.0	251.0	200.0	181.0	220.0	26.0	131.0	95.0	237.0	190.0	272.0	1910.0
1996	1	01	236.0	140.0	162.0	193.0	308.0	85.0	27.0	75.0	26.0	201.0	255.0	197.0	1905.0
1997	1	01	227.0	207.0	85.0	401.0	4.0	179.0	.0	.0	54.0	182.0	119.0	80.0	1538.0
1998	1	01	68.0	72.0	95.0	325.0	230.0	15.0	64.0	362.0	98.0	354.0	237.0	209.0	2129.0
1999	1	01	141.0	238.0	186.0	308.0	221.0	369.0	13.0	20.0	319.0	346.0	90.0	325.0	2576.0
2000	1	01	95.0	239.0	313.0	276.0	167.0	152.0	65.0	30.0	189.0	222.0	141.0	175.0	2064.0
2001	1	01	117.0	176.0	421.0	49.0	176.0	107.0	38.0	.3	62.0	182.0	302.0	265.0	1895.3
2002	1	01	73.0	69.0	372.0	438.0	107.0	29.0	32.0	25.0	37.0	329.0	231.0	228.0	1970.0
2003	1	01	30.0	173.0	166.0	296.0	161.0	98.0	65.0	9.0	74.0	237.0	349.0	101.0	1759.0
2004	1	01	102.0	182.0	141.0	283.0	68.0	17.0	113.0	13.0	168.0	451.0	129.0	66.0	1733.0
2005	1	01	82.0	200.0	307.0	31.0	365.0	18.0	87.0	6.0	86.0	210.0	184.0	212.0	1788.0
2006	1	01	110.0	29.0	136.0	524.0	47.0	92.0	52.0	19.0	142.0	260.0	380.0	224.0	2015.0
2007	1	01	149.0	45.0	288.0	446.0	249.0	70.0	98.0	59.0	.0	479.0	229.0	158.0	2270.0
2008	1	01	236.0	231.0	93.0	373.0	340.0	147.0	80.0	242.0	129.0	176.0	358.0	101.0	2506.0
2009	1	01	181.0	147.0	393.0	157.0	57.1	13.0	6.0	118.0	73.0	177.0	176.0	144.0	1642.1
2010	1	01	75.0	123.0	46.0	672.0	274.0	86.0	213.0	47.0	75.0	117.0	238.0	201.0	2167.0
2011	1	01	124.0	89.0	245.0	553.0	128.0	101.0	85.0	78.0 3	34.0	202.0	347.0	267.0	2253.0 3
2012	1	01	192.0	227.0	170.0	267.0	34.0	22.0	51.0	27.0	26.0	324.0	93.0	109.0	1542.0
2013	1	01	27.0	183.0 3	144.0	243.0	260.0	33.0	12.0	120.0	57.0	217.0	191.0	264.0	1751.0 3
2014	1	01	99.0	91.0	150.0	337.0	159.0	37.0	2.0	20.0	133.9	158.0	248.0	176.0	1610.9
2015	1	01	177.0	95.0	218.0	146.0	76.3	39.0	4.0	.0	26.0	139.0	194.0		1114.3 3
2016	1	01					211.0	62.0	40.0	45.0	59.0	373.0	291.0	394.0	1475.0 3
2017	1	01	193.0	63.0	305.0	278.0	398.0	111.0	101.0	85.0	85.0	143.0			1762.0 3
MEDIOS			117.1	126.3	178.4	273.7	209.9	92.1	54.2	65.4	121.2	253.2	236.3	175.6	1903.5
MAXIMOS			383.0	309.0	421.0	690.0	474.0	370.0	331.0	362.0	350.0	520.0	418.0	539.0	690.0
MINIMOS			6.5	0.0	5.0	31.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	48.0	64.0	2.0	0.0

Fuente: IDEAM

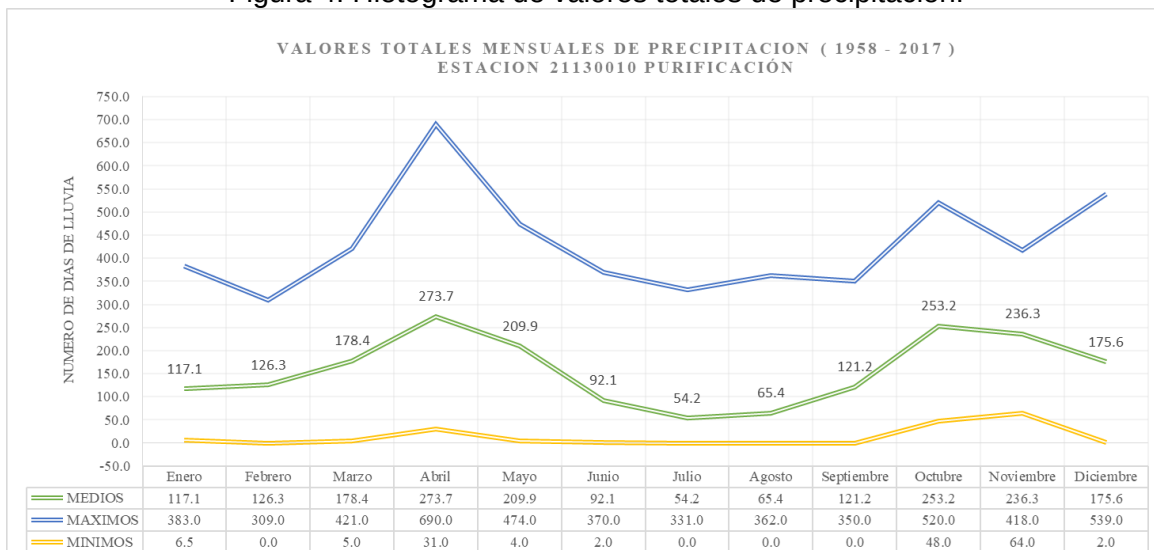


Figura 3. Hietograma de valores totales de precipitación en barras.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 4. Hietograma de valores totales de precipitación.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.



Tabla 3. VALORES No DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES														SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL	
VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION															
FECHA DE PROCESO : 2018/10/24														ESTACION : 21130010 PURIFICACION	
LATITUD		0351 N		TIPO EST		PM		DEPTO		TOLIMA		FECHA-INSTALACION		1958-MAY	
LONGITUD		7451 W		ENTIDAD		01 IDEAM		MUNICIPIO		PURIFICACION		FECHA-SUSPENSION			
ELEVACION		0345 m.s.n.m		REGIONAL		10 TOLIMA		CORRIENTE		MAGDALENA					

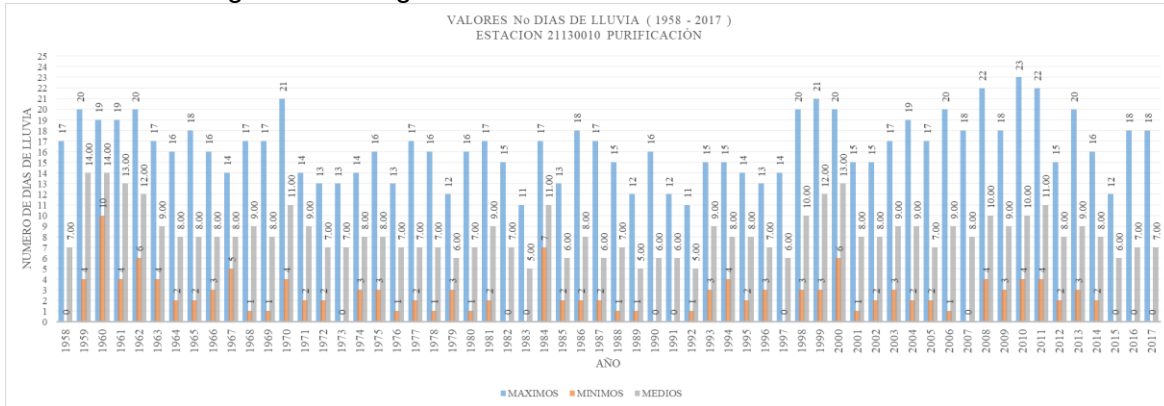
A#O	EST	ENT	ENERO	* FEBRE	* MARZO	* ABRIL	* MAYO	* JUNIO	* JULIO	* AGOST	* SEPTI	* OCTUB	* NOVIE	* DICIE	* VR ANJAL *

1958	3	02						7	6	14	7	17	17	16	84 3
1959	3	02	7	4	13	17	16	18	18	14	8	20	16	18	169
1960	3	02	14	12	13	19	16	12	11	10	11	19	18	13	168
1961	3	02	12	9	17	19	17	14	10	4	12	19	15	11	159
1962	3	02	9	8	10	14	19	17	6	9	6	19	20	11	148
1963	3	02	8	17	15	15	9	4	5	5	6	10	15	4	113
1964	3	02	2	5	6	16	11	12	10	8	7	8	13	4	102
1965	3	02	5	3	10	16	12	2	3	4	11	13	18	10	107
1966	3	02	4	5	10	9	11	15	3	6	6	12	16	9	106
1967	3	02	6	8	7	12	14	10	7	5	9	11	10	7	106
1968	3	02	9	6	9	17	10	10	6	1	10	16	8	7	109
1969	1	01	8	10	6	17	6	5	1	4	9	15	13	9	103
1970	1	01	8	8	4	13	21	11	10	5	9	14	13	17	133
1971	1	01	13	11	13	11	14	8	2	7	7	11	11	11	119
1972	1	01	6	3	10	9	12	5	2	5	3	11	13	5	84
1973	1	01	2	0	9	9	7	10	8	3	11	8	13	7	87
1974	1	01	10	4	3	10	13	11	4	3	14	14	13	6	105
1975	1	01	3	10	8	10	16	7	6	5	11	14	10	5	105
1976	1	01	7	5	7	13	10	1 3	1	4	6	13	9	11	87 3
1977	1	01	4	9	4	7	4	10	5	4	5	16	17	2	87
1978	1	01	3	4	6	16	11	5	3	1	8	7	12	9	85
1979	1	01	3	5	12	11	11	3	3	3	9	6	7	3	76
1980	1	01	3	7	7	8	7	11	3	6	1	14	11	16	94
1981	1	01	2	12	6	17	16	9	2	7	3	16	16	4	110
1982	1	01	9	11	8	11	10	1	0	8	15	7	12	12	92
1983	1	01	4	4	5	11	8	3	2	0	4	7	7	10	65
1984	1	01	10	10	7	17	16	8	7	9	14	13	13	14	138
1985	1	01	2	3	7	10	7	3	3	7	11	13	5	2	73
1986	1	01	5	10	9	12	12	10	3	2	7	18	10	6	104
1987	1	01	8	5	4	7	9	2	5	2	6	17	11	4	80
1988	1	01	4	4	1	15	5	8	8	9	7	7	15	10	93
1989	1	01	4	5	10	8	6	5	1	2	2	12	8	1	64
1990	1	01	8	10	5	10	7	1	2	2	8	16	10		79 3
1991	1	01			12	11	9	6	3	2	9	6	11	8	77 3
1992	1	01	6	3	3	10	6	2	2	1	10	5	11	11	70
1993	1	01	9	9	12	15	12	4	4	3	13	10	14	7	112
1994	1	01	7	8	8	12	11	8	4	5	8	11	15	5	102
1995	1	01	2	6	10	11	10	6	8	6	4	11	12	14	100
1996	1	01	12	8	7	9	13	4	3	5	3	10	12	6	92
1997	1	01	13	11	5	14	2	9	0	0	2	9	6	7	78
1998	1	01	3	6	8	20	14	7	10	12	4	16	12	13	125
1999	1	01	9	14	11	12	15	19	3	3	18	21	10	13	148
2000	1	01	8	18	20	16	19	16	7	6	19	17	7	8	161
2001	1	01	7	7	15	8	9	5	4	1	4	9	13	15	97
2002	1	01	2	5	15	15	10	4	5	4	7	15	11	11	104
2003	1	01	7	7	9	12	12	11	4	3	10	14	17	10	116
2004	1	01	6	13	7	11	9	3	9	2	8	19	12	9	108
2005	1	01	6	11	9	7	17	3	5	2	6	12	9	8	95
2006	1	01	8	4	14	16	5	6	2	1	8	13	20	17	114
2007	1	01	6	3	14	18	10	12	2	6	4	10	10	13	105
2008	1	01	6	9	8	15	13	6	4	13	8	15	22	6	125
2009	1	01	13	10	18	13	7	3	3	9	4	9	14	5	108
2010	1	01	4	7	7	23	14	8	14	6	8	12	16	11	130
2011	1	01	8	11	12	22	11	8	7	6 3	4	12	17	14	132 3
2012	1	01	15	10	13	15	4	2	4	2	2	15	10	10	102
2013	1	01	5	13 3	10	11	20	3	4	7	5	11	15	13	117 3
2014	1	01	8	9	9	9	10	6	2	4	8	10	16	10	101
2015	1	01	9	10	12	11	8	3	3	0	3	8	11		78 3
2016	1	01				12	7	6	5	9	18	12	15		84 3
2017	1	01	9	5	15	11	18	11	3	6	6	11			95 3
MEDIOS			7	8	9	13	11	7	5	5	7	13	13	9	108
MAXIMOS			15	18	20	23	21	19	18	14	19	21	22	18	23.0
MINIMOS			2	0	1	7	2	1	0	0	0	5	5	1	0.0

Fuente: IDEAM

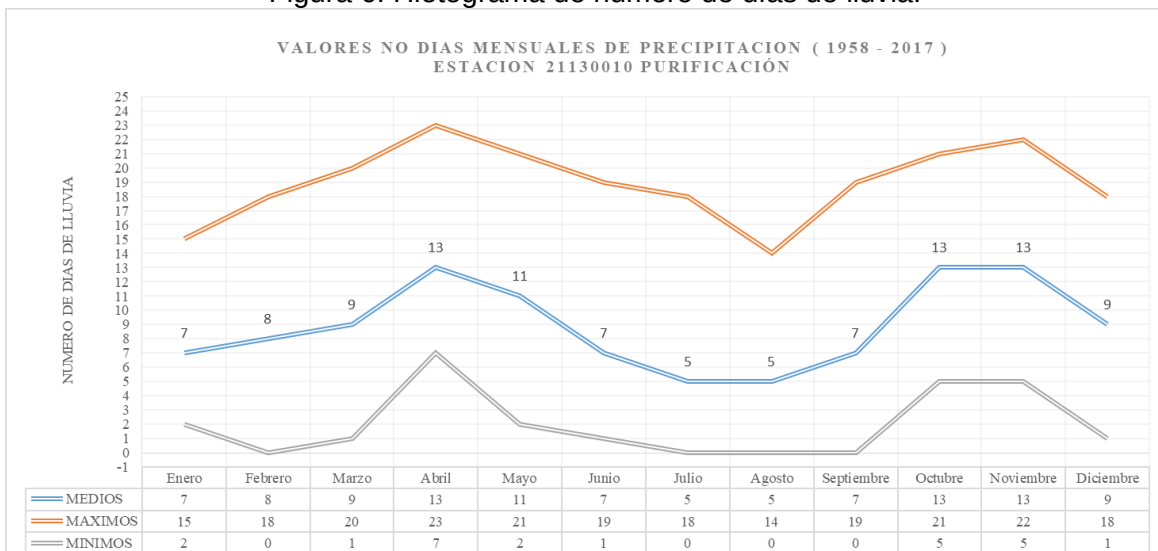


Figura 5. Hietograma de número de días de lluvia en barras.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 6. Hietograma de número de días de lluvia.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.



Tabla 4. VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

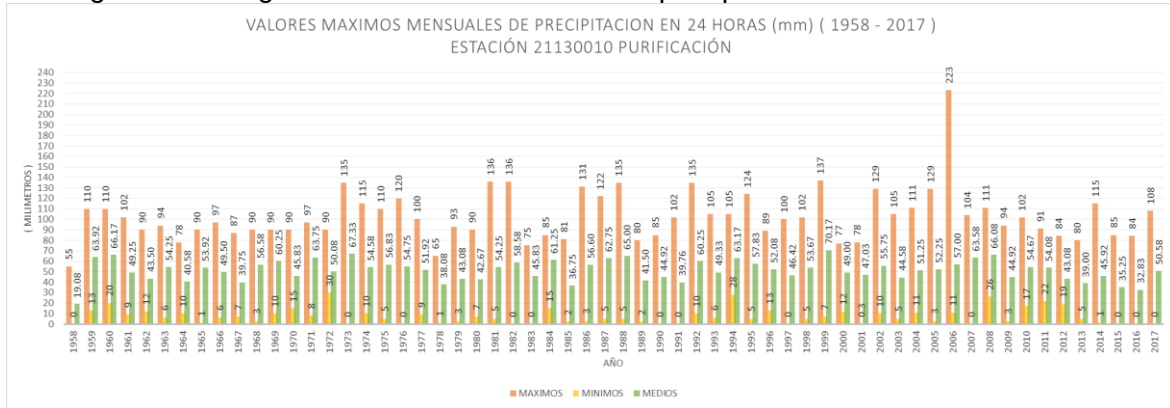
I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES														SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL	
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)														ESTACION : 21130010 PURIFICACION	
EN 24 HORAS														FECHA-INSTALACION 1958-MAY	
FECHA DE PROCESO : 2018/10/24														FECHA-SUSPENSION	
LATITUD	0351 N	TIPO EST	PM	DEPTO	TOLIMA										
LONGITUD	7451 W	ENTIDAD	01	MUNICIPIO	PURIFICACION										
ELEVACION	0345 m.s.n.m	REGIONAL	10	CORRIENTE	MAGDALENA										

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL

1958	3	02						36.0	15.0	5.0	38.0	40.0	40.0	55.0	55.0 3
1959	3	02	58.0	23.0	61.0	50.0	72.0	110.0	13.0	55.0	46.0	98.0	106.0	75.0	110.0
1960	3	02	35.0	85.0	95.0	100.0	110.0	73.0	35.0	20.0	63.0	40.0	72.0	66.0	110.0
1961	3	02	54.0	14.0	102.0	92.0	60.0	54.0	13.0	9.0	30.0	49.0	38.0	76.0	102.0
1962	3	02	26.0	50.0	53.0	47.0	57.0	90.0	12.0	17.0	30.0	49.0	75.0	16.0	90.0
1963	3	02	24.0	90.0	90.0	34.0	45.0	60.0	6.0	40.0	21.0	94.0	90.0	57.0	94.0
1964	3	02	45.0	34.0	37.0	66.0	55.0	26.0	25.0	78.0	10.0	35.0	61.0	15.0	78.0
1965	3	02	10.0	74.0	68.0	90.0	32.0	1.0	11.0	90.0	90.0	32.0	90.0	59.0	90.0
1966	3	02	12.0	61.0	35.0	63.0	90.0	40.0	6.0	59.0	42.0	97.0	40.0	49.0	97.0
1967	3	02	28.0	36.0	58.0	87.0	45.0	69.0	33.0	7.0	9.0	35.0	36.0	34.0	87.0
1968	3	02	72.0	55.0	42.0	72.0	60.0	61.0	78.0	3.0	69.0	90.0	22.0	55.0	90.0
1969	1	01	10.0	90.0	77.0	87.0	50.0	90.0	30.0	20.0	73.0	85.0	85.0	26.0	90.0
1970	1	01	23.0	25.0	31.0	43.0	90.0	26.0	15.0	42.0	37.0	38.0	90.0	90.0	90.0
1971	1	01	90.0	53.0	97.0	91.0	75.0	20.0	8.0	42.0	89.0	72.0	89.0	39.0	97.0
1972	1	01	64.0	30.0	43.0	66.0	65.0	30.0	32.0	40.0	33.0	58.0	50.0	90.0	90.0
1973	1	01	24.0	.0	133.0	60.0	100.0	40.0	75.0	55.0	50.0	135.0	70.0	66.0	135.0
1974	1	01	93.0	55.0	10.0	45.0	65.0	61.0	19.0	35.0	53.0	115.0	52.0	52.0	115.0
1975	1	01	5.0	54.0	60.0	98.0	50.0	58.0	22.0	110.0	40.0	92.0	73.0	20.0	110.0
1976	1	01	120.0	110.0	64.0	70.0	80.0	*	3.0	24.0	30.0	56.0	60.0	40.0	120.0 3
1977	1	01	25.0	50.0	27.0	100.0	40.0	9.0	75.0	57.0	60.0	70.0	50.0	60.0	100.0
1978	1	01	65.0	5.0	50.0	45.0	63.0	18.0	18.0	1.0	23.0	65.0	50.0	54.0	65.0
1979	1	01	3.0	55.0	48.0	63.0	65.0	3.0	10.0	25.0	60.0	52.0	93.0	40.0	93.0
1980	1	01	30.0	33.0	30.0	27.0	41.0	50.0	10.0	61.0	7.0	90.0	90.0	43.0	90.0
1981	1	01	30.0	32.0	93.0	51.0	97.0	27.0	5.0	55.0	20.0	136.0	75.0	30.0	136.0
1982	1	01	60.0	44.0	38.0	130.0	136.0	10.0	.0	.0	30.0	65.0	54.0	136.0	136.0
1983	1	01	64.0	15.0	70.0	48.0	48.0	30.0	15.0	.0	75.0	60.0	65.0	60.0	75.0
1984	1	01	60.0	80.0	85.0	65.0	45.0	15.0	80.0	75.0	75.0	28.0	60.0	67.0	85.0
1985	1	01	6.0	32.0	58.0	81.0	67.0	7.0	2.0	18.0	65.0	30.0	60.0	15.0	81.0
1986	1	01	115.0	44.0	76.0	131.0	65.0	20.0	3.0	3.2	94.0	83.0	20.0	25.0	131.0
1987	1	01	81.0	64.0	36.0	60.0	122.0	49.0	49.0	5.0	50.0	71.0	110.0	56.0	122.0
1988	1	01	37.0	75.0	5.0	135.0	73.0	40.0	49.0	120.0	50.0	35.0	90.0	71.0	135.0
1989	1	01	50.0	22.0	51.0	60.0	55.0	59.0	8.0	20.0	30.0	61.0	80.0	2.0	80.0
1990	1	01	47.0	51.0	55.0	33.0	82.0	15.0	49.0	26.0	36.0	85.0	60.0		85.0 3
1991	1	01			50.0	77.0	40.0	12.3	12.3	2.5	33.0	102.0	49.0	99.0	102.0 3
1992	1	01	55.0	10.0	53.0	72.0	35.0	98.0	98.0	20.0	70.0	21.0	56.0	135.0	135.0
1993	1	01	40.0	65.0	42.0	105.0	52.0	6.0	6.0	7.0	58.0	75.0	83.0	53.0	105.0
1994	1	01	59.0	56.0	94.0	58.0	55.0	103.0	38.0	29.0	105.0	28.0	93.0	40.0	105.0
1995	1	01	37.0	15.0	65.0	61.0	75.0	124.0	5.0	66.0	65.0	44.0	60.0	77.0	124.0
1996	1	01	42.0	46.0	52.0	66.0	70.0	50.0	14.0	54.0	13.0	54.0	75.0	89.0	89.0
1997	1	01	60.0	70.0	58.0	58.0	3.0	70.0	.0	.0	35.0	100.0	62.0	41.0	100.0
1998	1	01	33.0	30.0	25.0	74.0	48.0	5.0	30.0	102.0	83.0	79.0	87.0	48.0	102.0
1999	1	01	33.0	70.0	62.0	137.0	78.0	135.0	7.0	10.0	80.0	130.0	30.0	70.0	137.0
2000	1	01	43.0	67.0	57.0	77.0	30.0	60.0	19.0	12.0	50.0	50.0	53.0	70.0	77.0
2001	1	01	40.0	58.0	68.0	13.0	48.0	63.0	18.0	.3	51.0	52.0	78.0	75.0	78.0
2002	1	01	70.0	40.0	87.0	104.0	25.0	10.0	15.0	10.0	11.0	129.0	65.0	103.0	129.0
2003	1	01	12.0	67.0	50.0	51.0	35.0	29.0	38.0	5.0	30.0	105.0	80.0	33.0	105.0
2004	1	01	51.0	76.0	60.0	105.0	19.0	15.0	68.0	11.0	52.0	111.0	24.0	23.0	111.0
2005	1	01	32.0	52.0	111.0	7.0	129.0	14.0	32.0	3.0	31.0	45.0	70.0	101.0	129.0
2006	1	01	30.0	11.0	30.0	223.0	18.0	42.0	27.0	19.0	64.0	87.0	93.0	40.0	223.0
2007	1	01	84.0	33.0	102.0	69.0	77.0	58.0	60.0	30.0	.0	91.0	104.0	55.0	104.0
2008	1	01	76.0	87.0	30.0	111.0	61.0	47.0	73.0	74.0	71.0	26.0	90.0	47.0	111.0
2009	1	01	33.0	31.0	68.0	29.0	37.0	6.0	3.0	40.0	57.0	94.0	66.0	75.0	94.0
2010	1	01	56.0	67.0	18.0	102.0	100.0	36.0	60.0	17.0	39.0	28.0	41.0	92.0	102.0
2011	1	01	60.0	33.0	65.0	90.0	47.0	34.0	43.0	38.0 3	22.0	51.0	91.0	75.0	91.0 3
2012	1	01	82.0	70.0	44.0	54.0	22.0	19.0	48.0	22.0	20.0	84.0	26.0	26.0	84.0
2013	1	01	10.0	47.0 3	32.0	64.0	52.0	25.0	5.0	80.0	29.0	38.0	44.0	42.0	80.0 3
2014	1	01	31.0	43.0	50.0	115.0	56.0	12.0	1.0	10.0	59.0	70.0	44.0	60.0	115.0
2015	1	01	85.0	54.0	48.0	38.0	32.0	22.0	2.0	.0	17.0	75.0	50.0		85.0 3
2016	1	01					81.0	26.0	16.0	40.0	14.0	84.0	70.0	63.0	84.0 3
2017	1	01	108.0	25.0	53.0	98.0	85.0	48.0	49.0	50.0	38.0	53.0			108.0 3
MEDIOS			47.9	48.5	57.8	75.0	61.2	41.8	26.9	32.8	45.4	69.1	65.8	57.4	52.5
MAXIMOS			120.0	110.0	133.0	223.0	136.0	135.0	98.0	120.0	105.0	136.0	110.0	136.0	223.0
MINIMOS			3.0	0.0	5.0	7.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	21.0	20.0	2.0	0.0

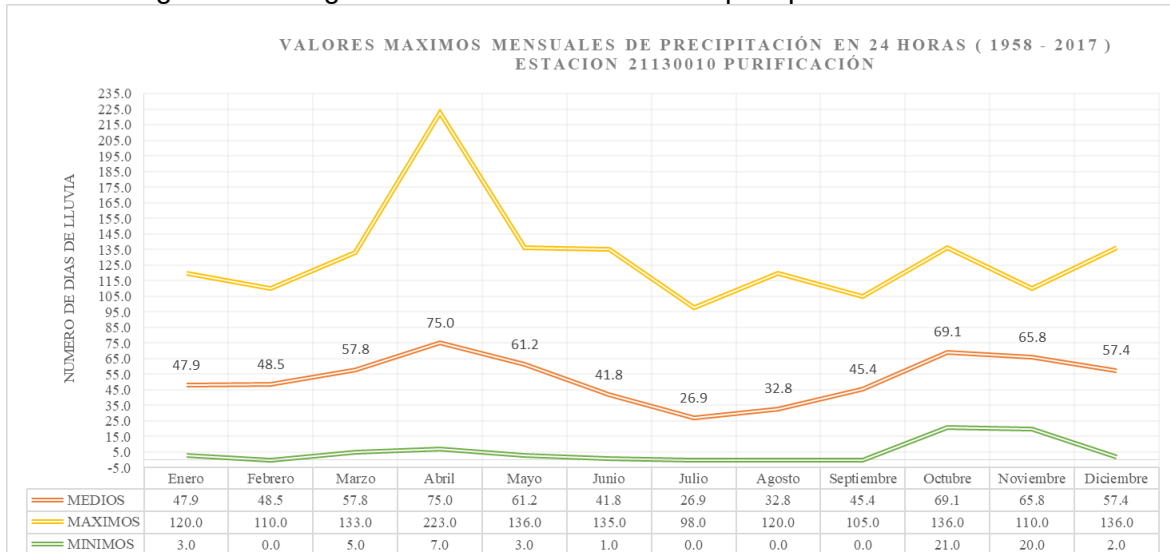
Fuente: IDEAM

Figura 7. Hietograma de valores máximos de precipitación en 24 horas en barras.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 8. Hietograma de valores máximos de precipitación en 24 horas.



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.



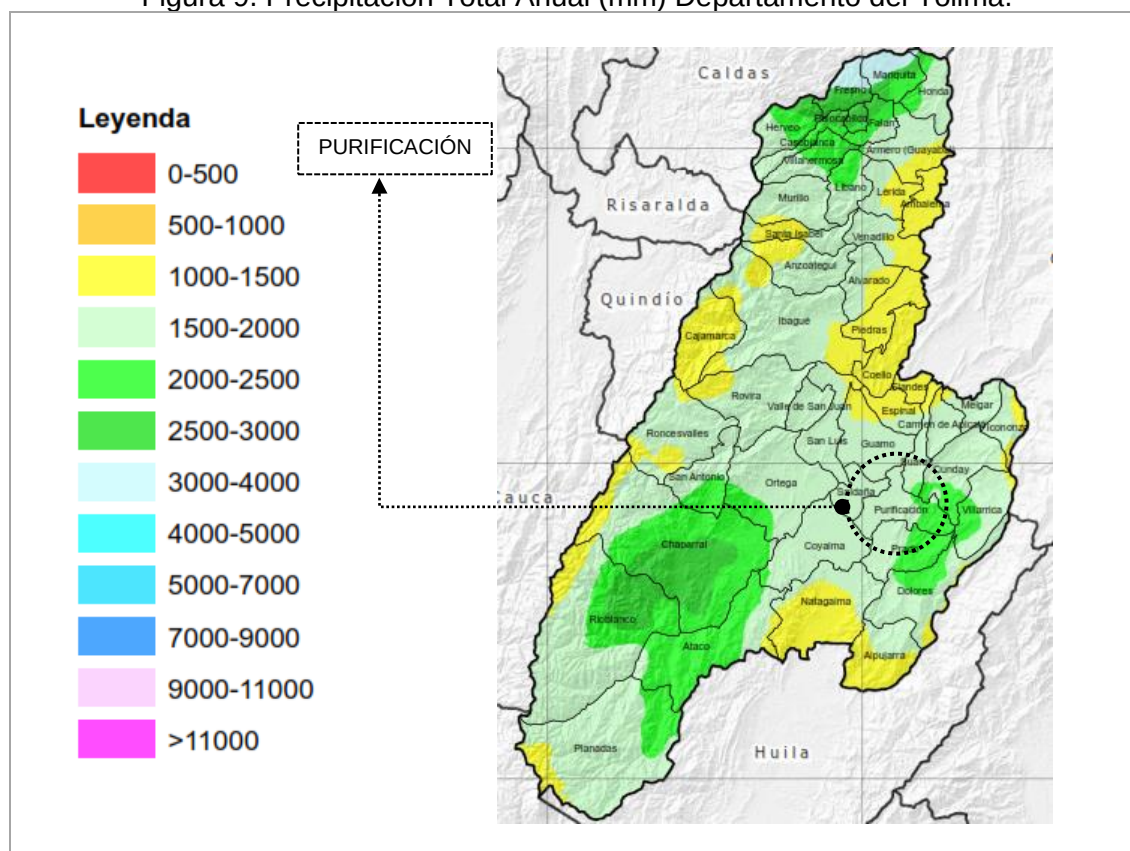
6.5 Caracterización Climática Regional

A continuación, se hace una descripción de los elementos meteorológicos: precipitación. También se describe la clasificación climática, con base en el atlas del IDEAM (2005).

6.5.1 Precipitación Total Anual (mm)

En la Figura Se presenta 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 e precipitación anual, para el municipio del PURIFICACIÓN se tiene que en gran parte de la extensión del municipio oscila entre 1500 y 2500 mm de precipitación total anual.

Figura 9. Precipitación Total Anual (mm) Departamento del Tolima.



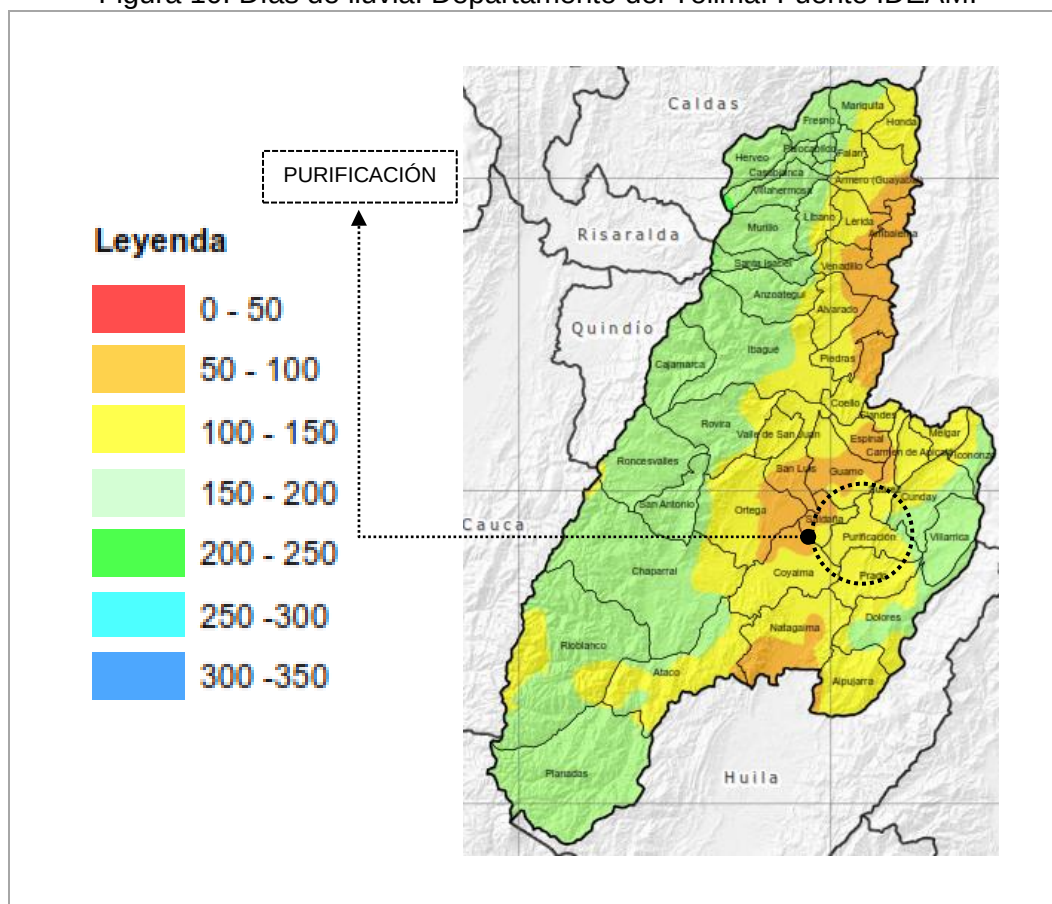
Fuente: IDEAM.



6.5.2 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 150 y 200 días con lluvia, para el municipio de PURIFICACIÓN, en gran parte, casi la totalidad del municipio, se tienen entre 150 y 200 días con lluvia.

Figura 10. Días de lluvia. Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.



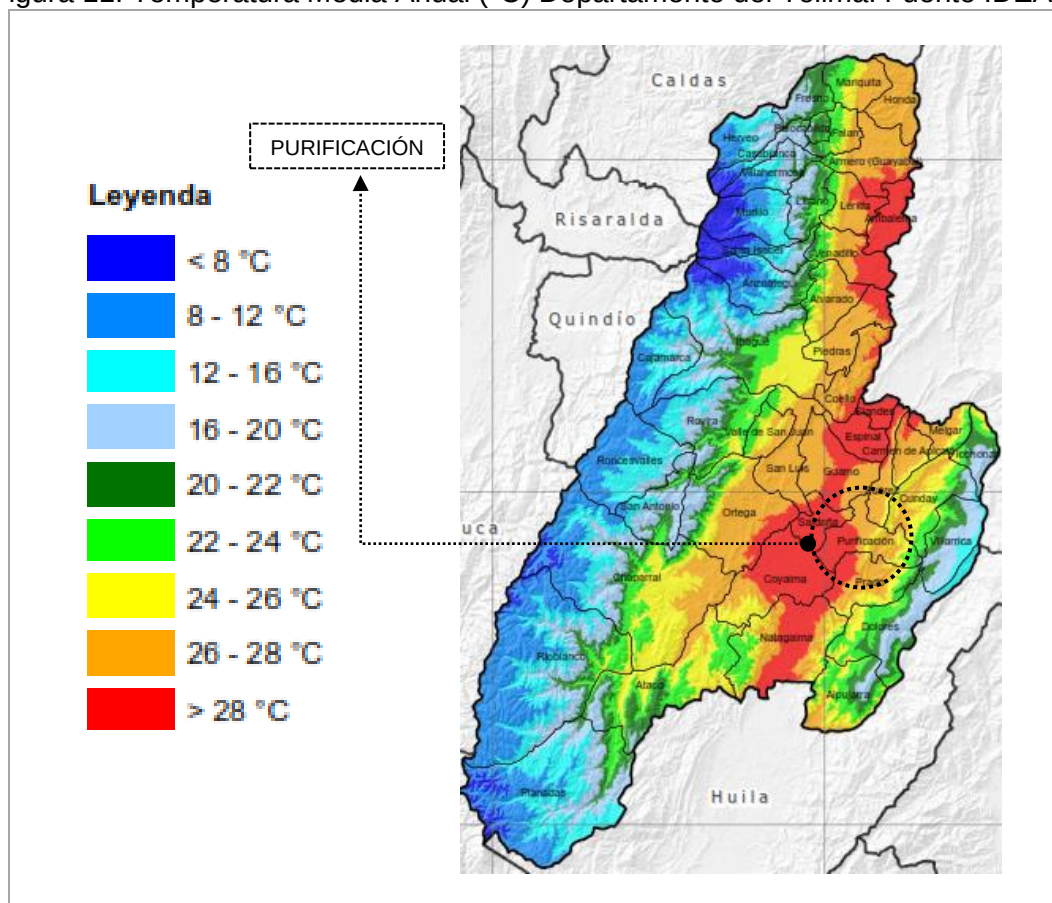
Fuente: IDEAM.



6.5.3 Temperatura Media Anual (°C)

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 PURIFICACIÓN se presenta una diferencia con respecto a la dinámica departamental con un rango amplio de temperaturas siendo en la zona norte del departamento con temperaturas entre los 16 y más de 24°C.

Figura 11. Temperatura Media Anual (°C) Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.



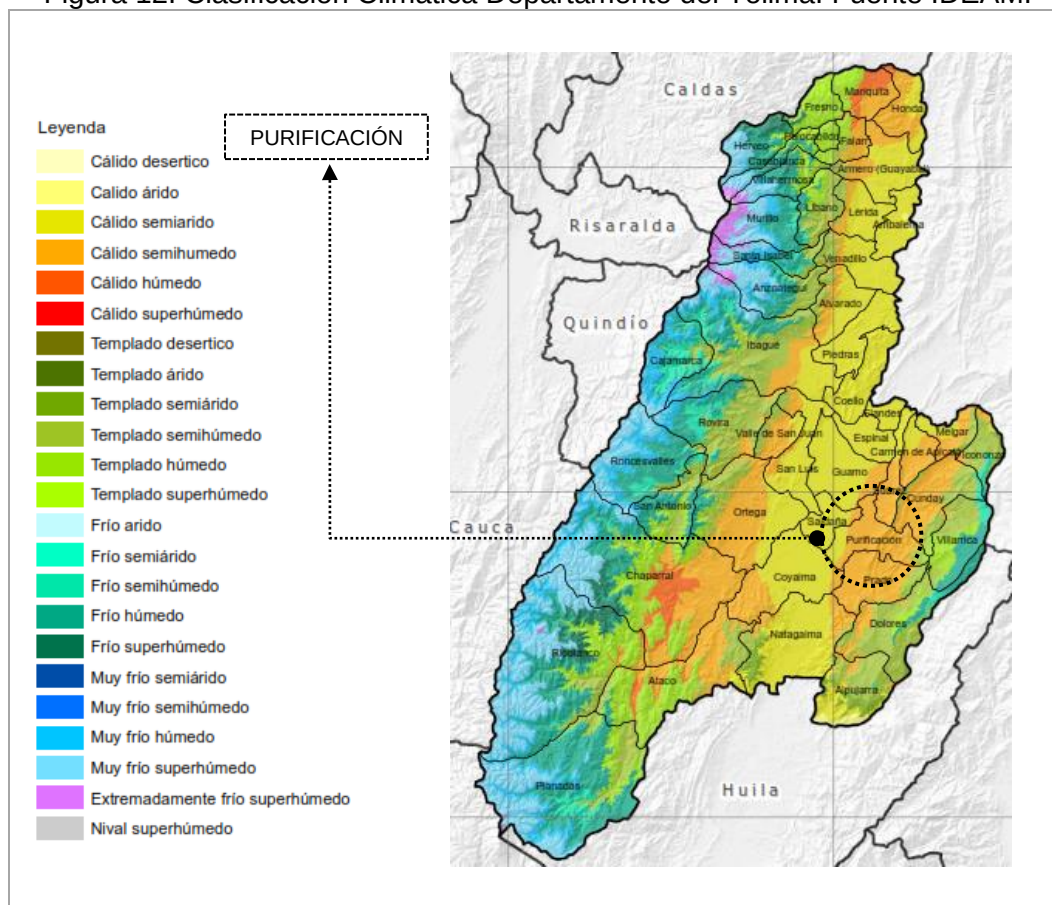
Fuente: IDEAM.



6.5.4 Clasificación Climática

En la Figura se presenta el mapa de tipos de clima que se presentan en el departamento del Tolima, para el municipio del PURIFICACIÓN, interés de estudio el clima que se presenta es templado semihúmedo de la zona del municipio.

Figura 12. Clasificación Climática Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.



Fuente: IDEAM.

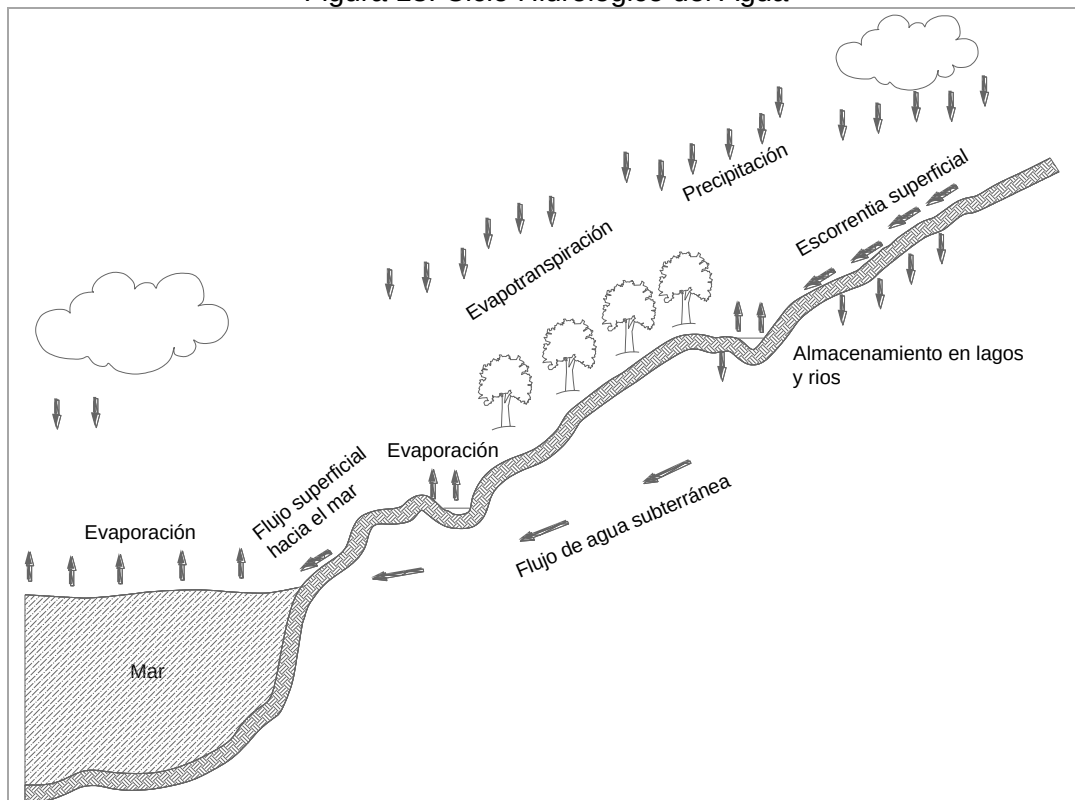


6.6. HIDROLOGIA.

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 13. Ciclo Hidrológico del Agua



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano



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 atmósfera.

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 PURIFICACIÓN.

6.6.1. 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 PURIFICACIÓN, se considera la serie comprendida entre los años 1958-2017. La precipitación está marcada a lo largo del año por el movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la zona ecuatorial.

6.7. 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:

6.7.1. Tiempo de entrada

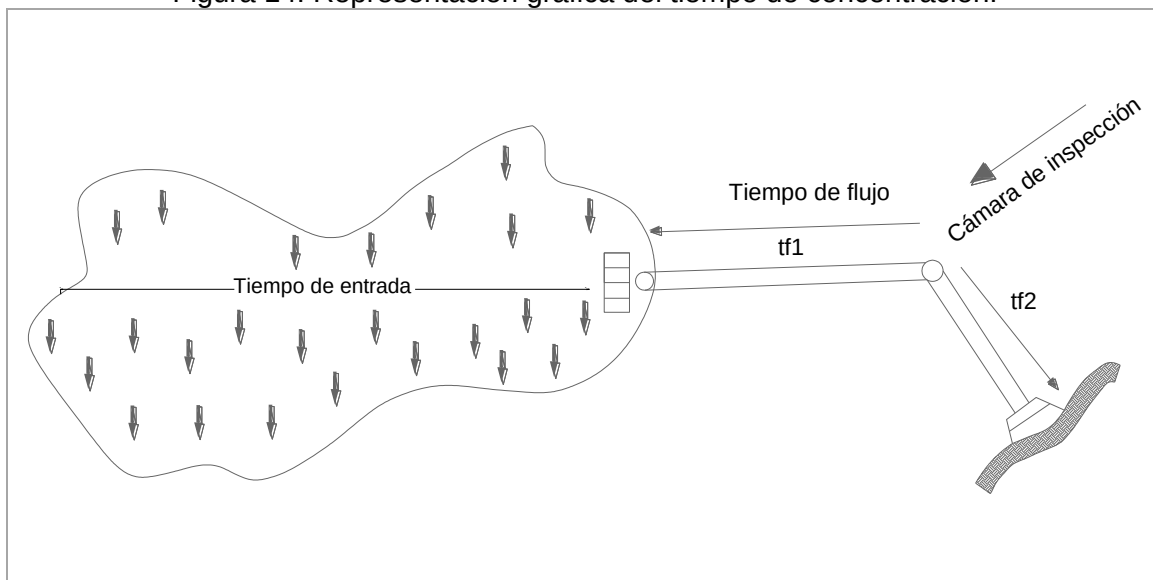
Es el tiempo necesario para que la partícula más alejada hidráulicamente llegue al punto de captación. Este tiempo es función de las características del suelo, como tipo de superficie, referente a las dificultades u obstáculos que pueda tener el agua para fluir, la pendiente del terreno, longitud recorrida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



6.7.2. 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 14. Representación gráfica del tiempo de concentración.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

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

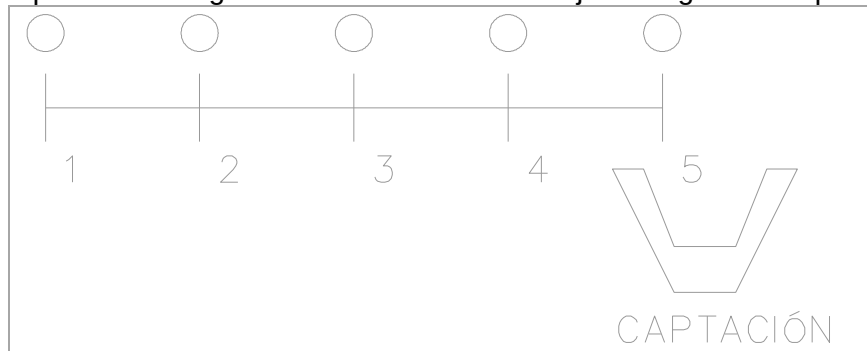
Para una mejor comprensión del termino tiempo de concentración y su importancia dentro del análisis de un sistema hídrico, se puede hacer un análisis tomando una determinada área de influencia teniendo en cuenta la dirección del flujo desde el punto de recolección o de control.

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 t_c .

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 $Q=0$.



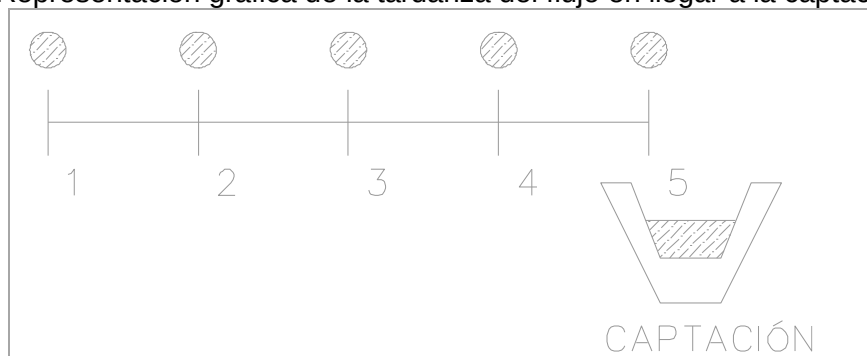
Figura 16. Representación gráfica de la tardanza del flujo en llegar a la captación.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

En la figura, se puede evidenciar que con con el paso del tiempo van llegando las gotas de lluvia intermedias a las líneas 4 y 5, es así como el caudal de captación va aumentando debido a que cada vez más llegan partículas de agua.

Figura 17. Representación gráfica de la tardanza del flujo en llegar a la captación.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

De las dos figuras anteriores se puede observar que el caudal máximo ocurre cuando la primera partícula precipitada sobre la línea 1 llega al lugar de recolección o línea 5.

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.



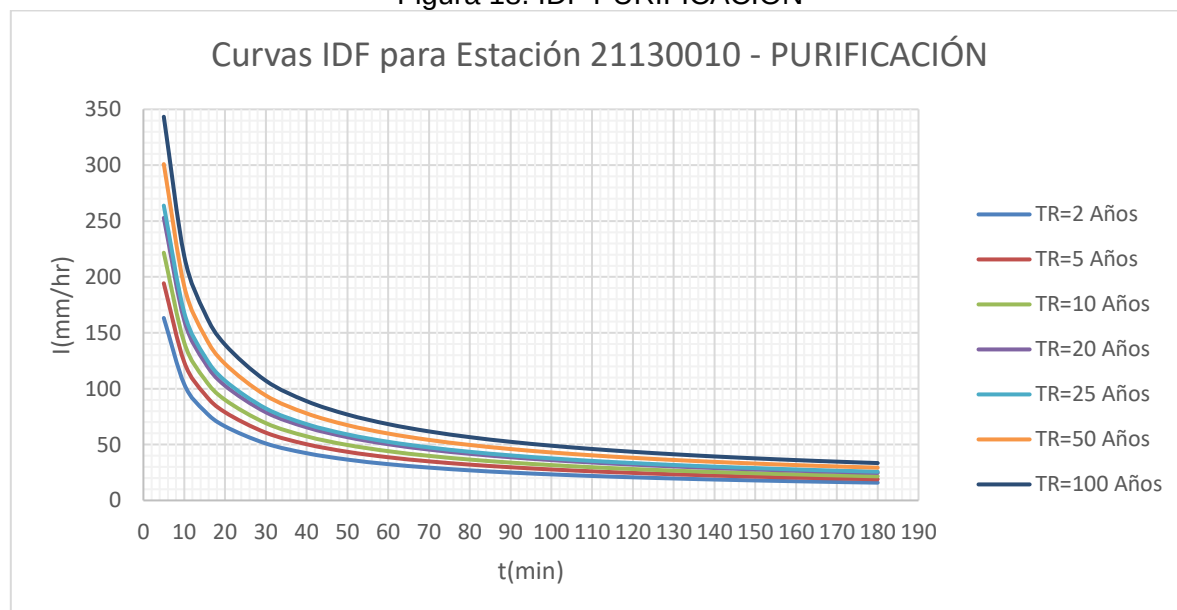
6.8. Curvas Intensidad Duración Frecuencia

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 PURIFICACIÓN.

Figura 18. IDF PURIFICACIÓN



Estación: 21130010 PURIFICACIÓN
INFORMACIÓN BASE DESDE 1958 A 2017



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 las 5 mayores lluvias (magnitud [mm]).
3. Para cada año, del pluviograma de las 5 lluvias seleccionadas, se determinó la intensidad [mm/min], para los siguientes periodos de tiempo: 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 360 minutos.
4. Para cada año y tiempo de observación, se escogió la mayor intensidad de las mediciones de las 5 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, 20, 50, 100 y 200 años.
9. Con estos datos, se construye la curva IDF.



6.9 Análisis de la información Hidrológica del área de estudio

El análisis hidrológico se realizó teniendo en cuenta las estaciones que se muestran en la Tabla 1. Se eligen estas estaciones pues poseen información completa de las series anuales hasta el año más reciente y son estaciones que se encuentran actualmente en operación.

6.9.1 Análisis Estadístico de Datos de Precipitación

Con las estaciones presentadas en la Tabla 1, 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.

6.9.1.1 Análisis de Datos Dudosos

Los datos dudosos (outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante (Chow, 1994) y que afectan de una manera considerable la magnitud de los parámetros estadísticos de la serie, especialmente en muestras pequeñas. Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para cada serie de datos de precipitaciones de la estación analizada de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia, recomendadas por Ven Te Chow:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

Y_H	=	Umbral superior para datos dudosos en Unidades logarítmicas.
Y_L	=	Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.
$\bar{y}$	=	Media de los logaritmos de los caudales.
S_y	=	Desviación estándar de los logaritmos de los caudales.
K_n	=	Valor tabulado para una muestra de tamaño n.



Se presenta en la Tabla 2, el análisis de datos dudosos para las estaciones seleccionadas, considerando dudosos los datos que estén por fuera del intervalo determinado por Y_H y Y_L .

- Estación PURIFICACIÓN

Para la Estación PURIFICACIÓN se presentan en la Tabla los resultados del análisis de datos dudosos:

Tabla 5. Análisis de Datos dudosos Estación PURIFICACIÓN.

Vr Máximo				
Anual	Log10	Superior	Inferior	Dato Aceptado
(mm)				
55	1.7404	0.0000	0.0102	Si
110	2.0414	0.2315	0.3113	Si
110	2.0414	0.2315	0.3113	Si
102	2.0086	0.2643	0.2785	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
94	1.9731	0.2998	0.2430	Si
78	1.8921	0.3808	0.1620	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
97	1.9868	0.2862	0.2566	Si
87	1.9395	0.3334	0.2094	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
97	1.9868	0.2862	0.2566	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
135	2.1303	0.1426	0.4002	Si
115	2.0607	0.2122	0.3306	Si
110	2.0414	0.2315	0.3113	Si
120	2.0792	0.1937	0.3491	Si
100	2.0000	0.2729	0.2699	Si
65	1.8129	0.4600	0.0828	Si
93	1.9685	0.3044	0.2384	Si
90	1.9542	0.3187	0.2241	Si
136	2.1335	0.1394	0.4034	Si
136	2.1335	0.1394	0.4034	Si
75	1.8751	0.3979	0.1449	Si
85	1.9294	0.3435	0.1993	Si
81	1.9085	0.3644	0.1784	Si
131	2.1173	0.1557	0.3871	Si
122	2.0864	0.1866	0.3562	Si
135	2.1303	0.1426	0.4002	Si
80	1.9031	0.3698	0.1730	Si
85	1.9294	0.3435	0.1993	Si



102	2.0086	0.2643	0.2785	Si
135	2.1303	0.1426	0.4002	Si
105	2.0212	0.2517	0.2911	Si
105	2.0212	0.2517	0.2911	Si
124	2.0934	0.1795	0.3633	Si
89	1.9494	0.3235	0.2193	Si
100	2.0000	0.2729	0.2699	Si
102	2.0086	0.2643	0.2785	Si
137	2.1367	0.1362	0.4066	Si
77	1.8865	0.3864	0.1564	Si
78	1.8921	0.3808	0.1620	Si
129	2.1106	0.1623	0.3805	Si
105	2.0212	0.2517	0.2911	Si
111	2.0453	0.2276	0.3152	Si
129	2.1106	0.1623	0.3805	Si
223	2.3483	-0.0754	0.6182	Si
104	2.0170	0.2559	0.2869	Si
111	2.0453	0.2276	0.3152	Si
94	1.9731	0.2998	0.2430	Si
102	2.0086	0.2643	0.2785	Si
91	1.9590	0.3139	0.2289	Si
84	1.9243	0.3486	0.1941	Si
80	1.9031	0.3698	0.1730	Si
115	2.0607	0.2122	0.3306	Si
85	1.9294	0.3435	0.1993	Si
84	1.9243	0.3486	0.1941	Si
108	2.0334	0.2395	0.3033	Si

Los respectivos resultados de los análisis estadísticos de los datos de la estación PURIFICACIÓN se presentan a continuación:

Prueba de datos dudosos	
n	60
Promedio	2.0015
Desv Est	0.09566317
Kn (Tabla)	2.837
YH (Sup)	2.27292294
YL (inf)	1.7301301



El valor K_n para los análisis de datos dudosos se presentan en la Tabla.

Tabla 6. Valores K_n para prueba de datos dudosos.

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

6.9.1.2 Análisis de Frecuencias de Precipitaciones Máximas Extremas.

El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para predecir el comportamiento futuro de eventos en un sitio de interés, a partir de la información histórica.

- Distribución Gumbel

La distribución de Gumbel es una de las distribuciones más adecuadas para analizar la frecuencia de eventos hidrológicos extremos máximos. Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene N eventos. Si se selecciona el máximo x de los N eventos, es posible demostrar que, a medida que N aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a: (Mijares, 1992).

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de la probabilidad es entonces:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$



Donde α y β son los parámetros de la función:

Los parámetros α y β se estiman como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida (INVIAS 2009).

Para el caso de esta distribución Gumbel, y el método de momentos, se tiene de la ecuación:

$$P(\text{mm}) = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Con los datos de las estaciones que se trabajara para la estimación de las curvas IDF y los caudales se obtiene:

Tabla 7. Prueba Gumbel Estación PURIFICACIÓN.

No. Datos	60
Media $\bar{x}$	102.88
Desviación típica (S)	24.85966829
$\mu_y(\text{Tabla})$	0.5521
$\sigma_y(\text{Tabla})$	1.1747
α	0.047253245
β	91.1994797



n	μ_y	σ_y
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.5600	1.2065

TR (Años)	Precipitación (mm)
2	98.96
5	122.94
10	138.82
20	154.06
25	158.89
50	173.77
100	188.55

6.9.2 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 ajuste se presentan en la Tabla 7.

Tabla 8. 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 en 24 horas para cada uno de los años, a partir de los registros obtenidos de la estación de la Tabla, es importante señalar que para el análisis se consideraron, por la cantidad de datos y los años de toma de información, únicamente las estaciones dadas en la Tabla, en cuanto a N, hace referencia al número de días con lluvia al año, que se toma de la tabla de valores No. De días mensuales de precipitación, por lo cual la precipitación media anual será calculada de la tabla de de valores totales mensuales de precipitación (mms).

Tabla 9. Valores de M para estaciones de estudio.

Estación	M	N	PT
PURIFICACIÓN	52.50	108	1,903.50

Fuente: Consultor.

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 (T_r), y la duración (t) se obtiene los valores de intensidad para las estaciones de estudio.

Tabla 10. Resultados obtenidos para las curvas IDF INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA para la Estación PURIFICACIÓN (Valores en mm/h).

Tiempo	Periodo de Retorno (Años)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	163.29	194.34	221.70	252.91	263.86	301.00	343.37
10	104.06	123.85	141.28	161.17	168.15	191.82	218.82
15	79.95	95.16	108.55	123.83	129.19	147.38	168.13
20	66.32	78.93	90.04	102.71	107.16	122.24	139.45
30	50.95	60.64	69.18	78.92	82.33	93.92	107.14
40	42.26	50.30	57.38	65.46	68.29	77.90	88.87
50	36.56	43.51	49.63	56.62	59.07	67.39	76.87
60	32.47	38.65	44.09	50.29	52.47	59.85	68.28
70	29.37	34.96	39.88	45.50	47.47	54.15	61.77
80	26.93	32.05	36.57	41.71	43.52	49.65	56.64
90	24.95	29.69	33.87	38.64	40.31	45.99	52.46
100	23.30	27.73	31.63	36.08	37.64	42.94	48.99
110	21.90	26.06	29.73	33.91	35.38	40.36	46.05
120	20.69	24.63	28.09	32.05	33.44	38.14	43.51
130	19.64	23.38	26.67	30.42	31.74	36.21	41.31
140	18.72	22.28	25.42	28.99	30.25	34.51	39.37
150	17.90	21.30	24.30	27.72	28.92	32.99	37.64
160	17.16	20.43	23.30	26.58	27.73	31.64	36.09
170	16.50	19.64	22.40	25.56	26.66	30.42	34.70
180	15.90	18.92	21.59	24.62	25.69	29.31	33.43

Fuente: Consultor.

7. SISTEMAS DE MANEJO DE AGUAS

En las carreteras, los sistemas de drenaje son obras que facilitan el manejo adecuado de los fluidos. Es preciso e indispensable considerar los procesos de captación, conducción, evacuación y disposición de los mismos. La falta de control del agua y fluidos en general, en la estructura de una carretera, deteriora la misma en la parte inferior de la estructura, por lo cual se procede a realizar el cálculo de una estructura de captación que se encargue aparte de captar conducir el agua hasta un sistema de control.

Para este proyecto en específico se revisan los planos y documentos técnicos de la reposición de redes y alcantarillado realizadas por el Municipio de Purificación, es claro que según esta información y lo evidenciado en campo se logra definir que la reposición de redes y obras hidráulicas cumplen según la necesidad y el análisis hidrológico para esta zona.



Adicional a lo anterior se encuentra el memorial de responsabilidad de la ingeniera civil especialista en donde se menciona lo siguiente "se seleccionó el tipo de tubería a instalar como PVC NOVAFORT porque es una tubería de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y pared exterior corrugada con sistema de unión mecánico, campana-espigo e hidrosello de caucho. Fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-3: Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados (o bajo tierra), capaz de soportar cargas generadas por el tráfico sin que se deflecten o se genere algún tipo de deformación. Adicionalmente, manifiesto que se realizó el estudio y proyección de la población a ser tenida en cuenta en el cálculo de los diseños de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema de Selección de Beneficiarios Para Programas Sociales – SISBEN y los parámetros de diseños establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y RAS 2016, emitidas por el Ministerio de Desarrollo Económico, actualmente, modificadas parcialmente mediante RESOLUCIÓN 2320 DE 2009 del 27 de noviembre y RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 del 08 de Junio, por EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL".

7.1. Análisis de Caudales

Debido a la falta de información de caudales para las estaciones enunciadas con anterioridad, para el respectivo análisis de las obras de tipo hidráulico presentes en el proyecto, se hace indispensable realizar un modelo de lluvia-escorrentía. Para obtener dichos estudios producto de la información hidrológica y meteorológica recopilada. Para las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 km² se usó el método racional y para las cuencas con áreas mayores a 2.5 km² hasta 100 km² se usó el hidrógrama unitario triangular del Soil Conservation Service SCS.

El período de retorno, se estableció dependiendo del tipo de la obra, del costo de la misma y de su importancia relativa respecto al tamaño de la cuenca (y por lo tanto asociado a la magnitud de los daños en caso de fallar la capacidad hidráulica de la obra), tal como se enuncia en el manual de drenajes para carreteras del INVIAS y se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Periodos de Retorno para las diferentes obras hidráulicas.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Cunetas	5
Zanjas de Coronación	10
Estructuras de Caída	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2



7.1.1 Método Racional.

El método racional se identifica con la siguiente ecuación:

$$Q = C * i * A$$

Donde Q es el caudal pico producido por un aguacero de intensidad i, uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca, A. El termino C se denomina “coeficiente de escorrentía” y su valor numérico, que está definido entre 0 y 1, depende de las características fisiográficas de la cuenca y la cobertura de suelo (Silva, 1987).

Si las variables A, I y Q se expresan en unidades del sistema internacional, es decir, km², mm/h y m³/s respectivamente, la ecuación del método racional se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Usando la anterior ecuación se estimaron los caudales máximos para las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 km², para ello, se delimitaron las áreas aferentes de las cuencas que drenan en la zona de estudio.

Se deben asociar dichas áreas con sus coberturas vegetales y sus usos del suelo, con el fin de determinar los respectivos coeficientes de escorrentía C, que tienen como base las características de cobertura de la zona, las condiciones edafológicas, las condiciones topográficas y las de uso del suelo. Este coeficiente se estima a partir de tablas encontradas en el Manual de Drenaje para carreteras del INVIAS.

Tabla 12. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACION Y TOPOGRAFIA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30% a falta de datos, utilizar valores para pendientes entre el 10 y el 30%.			



8.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al evidenciar que el Municipio no cuenta con plan maestro pero que ya realizo el remplazo de redes hidráulicas y de alcantarillado y demás obras de drenaje, soportado en una certificación y evidenciado en campo, no se requiere realizar diseño hidráulico para la reposición de redes y alcantarillado, se aclara que el manejo de aguas se realizara por escorrentía y serán vertidas en sumideros que se encuentran en las vías perpendiculares a la vía que se pavimentara, así mismo el municipio anexo algunos documentos técnicos y planos que soportan que se realizo un análisis y diseño para esta reposición de redes y de obras hidráulicas que ya se ejecutaron, por lo cual se concuerda que para la ejecución del mejoramiento de esta vía urbana, las obras hidráulicas existentes no deben ser remplazadas y cumplen con su diseño y funcionalidad según los anexos y certificaciones aportadas por el municipio.

- A partir de lo visto y recopilado en campo, además de lo analizado a través de la información secundaria, es posible determinar que la zona de estudio cuenta con afluentes hidricos cercanos que recogen las aguas lluvias por escorrentia y a travez de carcamos y alcantarillado.

-Concluyendo que el mejoramiento de la vía no requiere remplazo de alcantarillado o redes hidráulicas y que estas se encuentran en buen funcionamiento, se recomienda hacer una breve revisión de estas redes cuando se realice la demolición del pavimento existente y las excavaciones requeridas, con el fin de garantizar que las redes hidráulicas y sanitarias se encuentran sin ninguna novedad que no sea visible a los chequeos ya realizados, esto con el animo de realizar alguna reparación imprevista a estas redes si es necesario.

OSCAR ANDRES CASTAÑO TRUJILLO
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL – AREA SANTIARIA
M.T 70202-211608 TLM