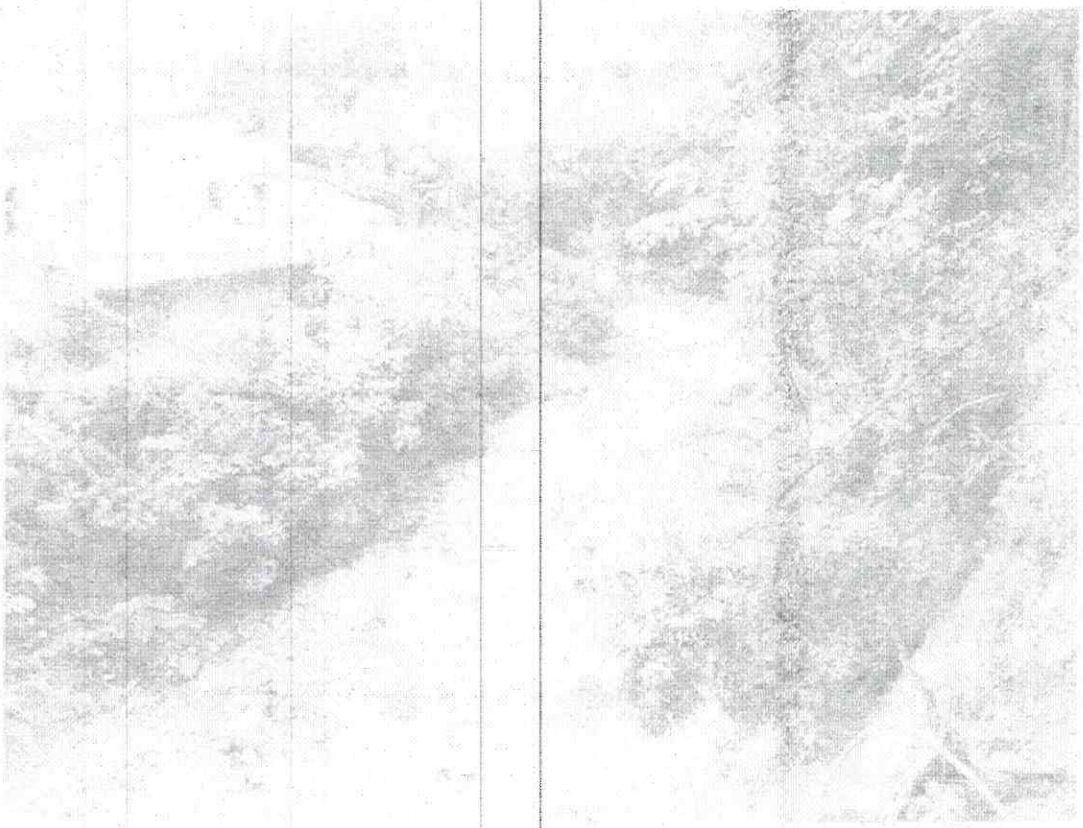


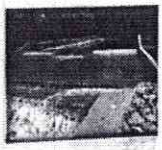
CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE PEATONAL COMUNEROS - ROSA LINDA SOBRE EL CAÑO BUQUE EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO – META.



SEPTIEMBRE, 2020.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

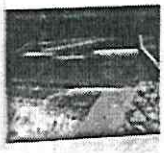


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

1. ESTUDIO HIDROLÓGICO 5
1.1 Antecedentes 5
1.2 Objeto del Estudio 5
1.3 Metodología empleada 6
1.4 Análisis de series de tiempo de datos de precipitación máximas en 24 horas 7
1.5 Estimación de datos faltantes 11
1.6 Cuenca caño Buque. 26
1.6.1 Localización del sitio de estudio 26
1.7 Método del NRCS (USDA-NRSC, 2007) 34
1.8 Curva intensidad, duración, frecuencia (IDF) 36
1.9 Análisis de los caudales máximos de creciente 38
1.9.1 Tormenta de diseño 38
1.9.2 Periodo de retorno 40
1.10 Caudal de máxima creciente 41
2 ESTUDIO HIDRÁULICO 46
2.1 Modelación hidráulica 47
BIBLIOGRAFÍA 50

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

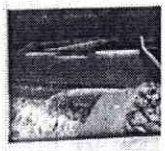


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos de estaciones analizadas del IDEAM 8
Tabla 2. Valores Totales Mensuales de Precipitaciones máximas en 24 horas (mm/mes) 10
Tabla 3. Valores Totales Mensuales de Precipitaciones máximas en 24 horas (mm/mes) 10
Tabla 4. Datos de precipitación estaciones de estudio (mm) 13
Tabla 5.Matriz de correlaciones de precipitación entre estaciones 23
Tabla 6. Ajuste de datos faltantes para la seria de tiempo de precipitaciones máximas en 24 horas mensual, Estación el Sena. (mm/mes) 25
Tabla 7. Coordenadas geográficas del sitio 26
Tabla 8. Coberturas de la unidad de Cuenca del Caño Buque 27
Tabla 9. Parámetros morfométricos de la cuenca caño Buque 28
Tabla 10. Coeficientes morfo métricas de la cuenca Caño Buque 29
Tabla 11. Estimación del tiempo de concentración de la unidad de Cuenca Caño Buque 32
Tabla 12. Clasificación del suelo según el método de la N.R.C.S. 34
Tabla 13. Clasificación del área de cobertura para el numero CN. 35
Tabla 14 Determinación de los parámetros morfométricos con número CN. 35
Tabla 15. Registros pluviométricos Estación Sena - Método Gumbel (mm) 36
Tabla 16. Estadísticos de las intensidades máximas anuales de 24 horas 37
Tabla 17. Bloques alternos 39
Tabla 18. Parámetros para la estimación del caudal máximo 40
Tabla 19. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial 40
Tabla 20. Resultado: Hidrograma 44

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

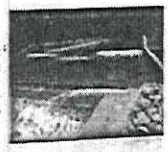


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Carta pluviografica - Estación el Alcaldía. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes) 9
Ilustración 2. Carta pluviografica - Estación el Sena. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes) 9
Ilustración 3. Carta pluviografica - Estación el Vanguardia. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes) 10
Ilustración 4. Ubicación de las estaciones evaluadas en la cuenca caño Buque. . 12
Ilustración 5. Mapa de coberturas de la Cuenca caño Buque. 27
Ilustración 6. Hidrograma Unitario 41
Ilustración 7. Ecuaciones método NRCS 41
Ilustración 8. Hidrograma unitario adimensional método NRCS 42
Ilustración 9. Resultados de la modelación con HEC HMS 43
Ilustración 10. Modelo HEC RAS, secciones transversales del caño Buque – vista de planta 47
Ilustración 11. Modelo HEC RAS, secciones transversales del caño Buque – vista 3D. 47
Ilustración 12. Modelo HEC RAS, sección transversal donde está el eje trazado del puente 48
Ilustración 13. Parámetros ingresados al modelo 48
Ilustración 14. Tabla de resultados de la modelación con HEC RAS 49

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.1 Antecedentes

El presente estudio hidrológico se realiza en base al "Manual de drenajes de drenajes para carreteras del INVIAS[1], la literatura especializada específica y demás normativa vigente que aplique en el territorio colombiano, ya que es, en esta fase donde se deberán evaluar los niveles alcanzados por las aguas, para el periodo de retorno que aplique, llevado a cabo con ayuda de modelos matemáticos de simulación, por medio de programas hidrológicos como HEC HMS y modelos hidráulicos con HEC RAS.

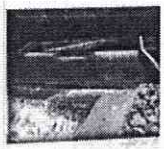
1.2 Objeto del Estudio

El objeto del presente estudio, es determinar la máxima lámina de agua generada por los caudales de máximas crecientes para el periodo de retorno de 50 años, sobre el puente peatonal Comuneros - Rosa Linda sobre el caño Buque, proyectado.

- Analizar por medio de diferentes metodologías la estimación de los caudales de máximas crecientes para el periodo de retorno necesario, para que posteriormente establecer las restricciones de altura del puente peatonal (galibo), por los demás especialistas involucrados en el proyecto (estructural, geotecnia).
- Establecer los parámetros morfométricos del sector hidrológico de la cuenca del caño Buque.
- Crear la curva de intensidad- duración- frecuencia (IDF) del sector hidrológico de la cuenca del caño Buque.
- Determinar el número de curva (CN) para el sector hidrológico de la cuenca del caño Buque.

[1] Instituto Nacional de Vías.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1.3 Metodología empleada

El estudio se ha divido en dos partes para su evaluación completa; dichas partes son las siguientes:

1. Estudio Hidrológico
2. Estudio Hidráulico.

El estudio hidrológico se refiere a la estimación de la manera más fiable de los caudales de diseño o de las lluvias de diseño. Dada la incertidumbre en la estimación de los caudales o lluvias de diseño, es necesario calcularlos de diferentes formas, para luego tomar decisiones (máx., medios o mínimos)

El diseño hidrológico se realiza de acuerdo a la información disponible:

a) Se dispone de información de caudales y de lluvias
b) Con información escaza de caudales, pero hay datos de precipitación
c) Sin información de caudales ni de lluvia.

Para el caso particular de este estudio se dispone del punto (b), de una serie temporal de datos históricos de precipitaciones máximas en 24 horas, para su análisis, sin información de caudales máximos de la cuenca.

A continuación, se numeran parte del esquema metodológico realizado:

- El análisis de precipitación, escorrentía superficial, infiltración, evaporación, evapotranspiración, caudales, niveles, intensidad y dirección de los vientos e intensidad de temperaturas ambiente máximas, medias y mínimas mensuales.
- Debe utilizarse primero la información con los datos más recientes de la red hidrometeorológica nacional, propia de la cuenca, y particularmente en el sitio de la captación, con el siguiente orden de prioridad de tipo de serie: **a.** Instantánea. **b.** Diaria. **c.** Mensual. **d.** Anual. La longitud de las series deberá ser como mínimo de 10 años.
- Análisis de calidad de información, complemento de datos y ajustes a distribuciones probabilísticas.



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

- Lineamientos desarrollados en las Comunicaciones Nacionales sobre Cambio Climático elaboradas por el IDEAM.
- Modelos lluvia-escorrentía y curvas de duración de caudales.
- Información batimétrica del sitio de toma.
- Los demás requisitos relacionados con el tema, exigidos por la autoridad ambiental.

En caso en que no se cuente con datos adecuados, se debe plantear el uso de métodos alternos que permitan hacer las estimaciones hidrológicas, utilizando técnicas como, por ejemplo, la comparación con cuencas similares, o estudios de simulación hidrológica para la generación de series sintéticas de caudales, etc.

1. Información de campo (aforos, indicios de máximas crecientes, geomorfología)
2. Información hidrológica: revisión de estaciones parámetros hidro climáticos. (balance hídrico, escorrentía superficial)
3. Información de suelos y cobertura (coeficiente de escorrentía (C), numero de curva (CN))
4. Análisis morfométrico de la fuente (DEM, imágenes satelitales)
5. Aplicación de otros métodos de caudales en lugares con información insuficiente, como la "trasposición de caudales". (caudal específico o rendimiento hídrico en L/s*Km²), si es posible.

1.4 Análisis de series de tiempo de datos de precipitación máximas en 24 horas

Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al sitio de proyecto, que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se trabajó sobre la base de registros de máximas precipitaciones diarias.

La precipitación máxima probable es aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una cuenca particular, en la cual generará un gasto de avenida, para el que virtualmente no existe riesgo de ser excedido.

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este estudio se empleó la distribución Gumbel.

Se evaluaron series temporales anuales de ´precipitación máxima, desde el año 1985 hasta el 2017, para un periodo de 32 años, de las siguientes estaciones:

Para la caracterización climática del sector estudiado, se recopilan las estaciones que tienen incidencia sobre la zona de la cuenca caño Buque, para la proyección de las obras, estas estaciones son de tipo meteorológica, pluviométrica y pluviografica, relacionadas en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Datos de estaciones analizadas del IDEAM

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CODIGO	TIPO	CLASE	CATEGORIA	Corriente	Elevación (m.s.n.m)
ALCALDIA	35030100	CON	meteorológica	CO	Guatiquia	470
SENA	35030030	CON	meteorológica	CO	Guatiquia	425
VANGUARDIA	35035020	CON	meteorológica	SP	Guatiquia	422

Fuente: IDEAM, 2020, CO: Climatológica Ordinaria; PG: Pluviografica; SP: Sinóptica Principal; CP: Climatológica Principal; AG: Agro meteorológica; PM: Pluviométrica

En esta primera etapa se realizó un análisis para la estimación de datos faltantes, en la Ilustración 1, se presenta los datos crudo obtenidos en el IDEAM, para la serie de tiempo analizada de 32 años.



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ilustración 1. Carta pluviografica - Estación el Alcaldía. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR
1995	0	0	48	119.9	79.9	60	42.5	78	110	104	112.1	32.5	119.9
1996	14.4	43	34.9	71.4	171.1	60.4	55.6	82.5	119.8	50.5	179.3	91.1	179.3
1997	81.9	36.5	73.5	73	181.1	102.5	131.3	64.5	84.7	41.1	47.1	4.9	181.1
1998	30	80.8	87.6	89.8	97	86.6	81.3	146.2	60.3	66	75.2	46.5	146.2
1999	40.7	48	62.4	76	67.8	102.6	111.9	52.6	102.6	0	112.7	44	112.7
2000	21.3	46.1	37.4	35.6	135.5	49.3	42.5	80.4	46.5	71.4	90.7	51	135.5
2001	5.7	13.4	39.5	68.4	90.6	74.2	122	63.6	65	102.3	55.5	65.2	122
2002	4.3	2.2	63.8	77.4	82.3	121.2	126.7	69.3	137.7	136.3	61.2	138.7	138.7
2003	0.7	21.3	26.4	96.9	46.5	184.2	42.7	61.7	89.9	86.2	84.8	79.5	184.2
2004	34.5	96.9	37.2	101.2	78	114.4	56	55	121.6	67.7	57.3	50.2	121.6
2005	54.4	120.3	40.7	74.2	105.8	74.7	66.2	54.7	97.4	104.5	130.5	42	130.5
2006	31.2	18	91.5	0	65.2	74.4	43.9	45.8	49.6	108.5	148.8	114.6	148.8
2007	3.9	9.8	77	46	92.1	0	58.4	94	75.3	53.4	96	40.6	96
2008	57.3	7	29	187	77.3	44.6	73.5	89.3	80.2	102.8	70	133.2	187
2009	34.5	20.2	46	168.3	96.5	60.3	62	62.4	53.9	79.2	49.9	23.8	168.3
2010	2	30.6	83.4	100.7	108.9	173.7	79.7	115	66.8	44.9	51.2	0	173.7
2011	56.8	57.7	36.9	65.3	98.7	115	51.7	99.1	89.1	0	117.9	118.1	118.1
2012	10.1	37.6	81.7	57.7	79.2	49	63.2	64	111.9	76.1	86.1	156.7	156.7
2013	0.2	33.3	58.8	90.8	104.2	50.7	75.6	35.1	31	70.6	86.7	55.5	104.2
2014	14.8	85.1	60.3	77.6	82.1	139.1	57.8	47	51.3	51.1	108.4	88.1	139.1
2015	54	18	77.6	82.8	53.8	68.6	43.1	65	66.3	84.8	83.3	43.8	84.8
2016	2	20.3	75.4	102.5	87.8	41.3	87.3	129.9	87.9	76.8	147.9	237.4	237.4
2017	10.7	40.5	86	45.1	177.3	73.3	50.6	58.7	80.2	85.6	127.4	0	177.3
MEDIOS	25.7	40.3	58.9	86.7	98.2	87.3	70.7	74.5	81.7	79.2	94.8	78.9	73.1
MAXIMO	81.9	120.3	91.5	187	181.1	184.2	131.3	146.2	137.7	136.3	179.3	237.4	237.4
MINIMO	0.2	2.2	26.4	35.6	46.5	41.3	42.5	35.1	31	41.1	47.1	4.9	0.2

Fuente: IDEAM, 2018.

Ilustración 2. Carta pluviografica - Estación el Sena. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR
1985	0.00	6.80	46.20	0.00	0.00	34.60	40.60	44.60	82.80	0.00	56.30	36.70	82.80
1986	0.00	0.00	52.80	0.00	156.00	36.80	91.30	36.40	62.70	0.00	96.00	32.10	156.00
1987	81.20	32.90	71.90	65.20	45.20	0.00	48.20	38.00	48.80	124.00	75.80	0.00	124.00
1988	3.30	3.80	92.00	60.80	50.00	0.00	53.70	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	92.00
1989	0.00	0.00	18.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	207.70	128.80	83.00	207.70
1990	28.30	0.00	73.33	113.60	86.40	0.00	36.80	48.50	56.90	31.20	86.40	48.40	113.60
1991	0.00	49.80	141.53	0.00	129.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	141.50
1992	0.00	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00	39.00
1993	30.50	30.00	74.50	66.40	59.00	45.70	101.00	115.80	0.00	56.00	54.20	80.50	115.80
1994	58.00	13.90	0.00	103.60	90.00	42.50	92.30	44.60	109.10	90.00	61.20	26.10	109.10
1995	35.60	9.30	31.03	104.10	93.40	73.70	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	104.10
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.40	131.60	114.70	131.60
1997	73.40	35.00	83.50	67.20	219.40	129.90	104.00	57.10	91.80	34.80	34.40	9.00	219.40
1998	18.00	96.40	129.00	101.70	111.10	105.70	0.00	75.80	56.50	40.80	129.70	21.70	129.70
1999	19.20	66.00	0.00	87.20	80.40	0.00	93.10	58.60	83.70	93.40	100.30	34.20	100.30
2000	25.50	29.00	38.30	73.10	96.20	50.10	42.50	99.60	48.00	99.60	98.40	37.90	99.60
2001	10.00	19.60	42.60	73.30	82.70	61.20	121.60	64.90	64.90	162.70	77.20	48.40	162.70
2002	3.70	3.60	75.00	74.90	89.10	173.30	150.20	59.40	116.70	132.90	58.70	103.80	173.30
2003	1.00	21.50	29.10	75.40	50.20	92.60	47.50	63.10	88.00	100.70	73.20	78.30	100.70
2004	65.50	137.00	23.10	100.00	114.10	89.00	61.90	46.70	0.00	0.00	53.10	51.20	137.00
2005	38.20	123.20	26.70	0.00	102.50	47.00	64.40	56.90	60.00	130.00	154.80	15.00	154.80
2006	33.90	7.00	0.00	0.00	61.70	111.20	36.90	61.30	55.20	0.00	148.00	83.60	148.00
2007	5.00	9.90	71.90	52.00	89.30	0.00	66.60	94.50	50.80	71.40	60.50	0.00	94.50
2008	0.00	5.40	13.70	0.00	138.00	47.40	3.00	83.50	0.00	63.00	55.60	61.70	138.00
2009	31.00	25.90	87.90	0.00	57.50	77.60	62.10	104.10	47.50	88.30	75.80	29.10	104.10
2010	0.30	32.60	93.00	101.60	104.40	128.80	84.90	133.80	76.30	49.00	66.80	61.60	133.80
2011	29.80	62.10	17.70	77.60	69.50	108.00	81.30	123.40	80.80	97.20	137.70	119.00	137.70
2012	10.40	35.70	90.80	61.00	120.20	65.90	65.00	85.90	116.80	62.10	69.00	122.50	122.50
2013	0.10	30.00	43.10	131.50	102.70	69.10	75.80	32.20	39.90	53.50	77.70	54.00	131.50
2014	19.10	74.00	62.40	60.30	80.40	130.00	55.20	45.90	52.40	45.10	85.30	68.10	130.00
2015	56.50	19.40	86.00	69.70	72.90	83.20	43.40	66.60	53.20	81.50	62.40	42.70	86.00
2016	3.60	18.00	60.30	99.60	78.60	50.70	82.50	137.80	139.30	71.60	100.30	158.90	158.90
2017	14.00	23.00	99.40	83.50	146.30	76.20	50.90	48.70	59.00	75.40	130.70	0.00	146.30
MEDIOS	26.7	35.5	61.6	82.8	95.1	80.4	68.9	71.4	70.6	84.2	87.6	61.5	68.8
MAXIMO	81.2	137	141.5	131.5	219.4	173.3	150.2	137.8	139.3	207.7	154.8	158.9	219.4
MINIMO	0.1	3.6	13.7	52	45.2	34.6	6	32.2	24	31.2	34.4	9	0.1

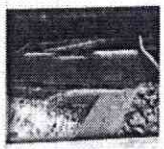
Fuente: IDEAM, 2020.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ilustración 3. Carta pluviografica - Estación el Vanguardia. Precitaciones máximas en 24 horas (mm/mes)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR
1980	85.00	38.00	72.60	105.40	101.50	160.00	63.90	64.00	122.00	113.70	64.50	110.80	160.00
1981	25.30	81.10	40.10	78.30	100.40	115.20	94.00	69.20	98.30	113.30	152.10	53.00	152.10
1982	9.20	20.60	92.20	100.40	86.50	74.40	70.30	64.00	80.00	82.30	42.90	70.60	100.40
1983	40.50	86.20	79.70	130.60	116.10	99.30	47.80	60.30	75.20	90.80	55.20	86.20	130.60
1984	52.20	119.70	53.90	75.90	78.10	65.30	60.80	86.30	112.10	90.80	43.10	29.10	119.70
1985	1.00	9.00	50.40	88.70	115.30	148.30	49.20	62.00	108.20	73.30	63.20	23.00	148.30
1986	15.00	54.70	59.10	82.30	158.10	48.00	65.80	42.90	81.10	98.00	98.90	28.70	158.10
1987	68.40	26.20	75.30	90.70	76.30	47.50	64.50	48.30	46.30	120.70	120.10	39.00	120.70
1988	1.00	7.20	60.20	97.50	70.40	89.20	44.60	81.70	55.70	89.70	103.50	51.20	103.50
1989	27.90	86.00	31.80	59.10	51.40	75.70	45.20	61.10	79.80	157.90	115.60	64.80	157.90
1990	23.10	206.80	50.60	101.70	64.40	72.90	73.20	71.60	111.40	56.80	67.10	86.90	206.80
1991	18.80	72.90	175.50	85.20	158.60	69.70	48.00	93.10	64.40	73.40	78.10	27.10	175.50
1992	49.20	17.60	66.30	96.50	84.20	110.30	75.70	95.20	86.80	85.20	60.40	69.10	110.30
1993	95.80	39.00	76.60	95.00	57.80	60.50	131.20	103.60	83.40	81.70	73.90	77.10	131.20
1994	52.30	47.70	99.50	116.70	125.40	53.20	80.60	58.80	114.40	92.30	94.80	23.60	125.40
1995	33.80	9.60	43.10	115.80	82.40	74.10	63.00	115.70	144.30	125.30	120.30	55.10	144.30
1996	8.20	42.70	56.00	78.10	199.20	71.90	63.90	96.40	122.60	66.10	138.40	93.60	199.20
1997	77.90	42.70	65.30	73.60	162.90	90.60	134.20	50.80	99.90	46.90	56.70	6.10	162.90
1998	19.20	79.60	144.20	122.80	122.40	126.30	73.10	108.60	52.80	87.00	111.20	45.80	144.20
1999	15.30	54.30	65.10	107.60	92.60	92.20	111.50	44.40	86.00	69.30	111.80	39.60	111.80
2000	21.30	32.70	52.40	43.20	128.60	46.00	49.50	77.80	51.60	63.70	91.40	59.60	128.60
2001	10.40	22.50	35.90	81.70	99.40	73.70	138.80	67.80	58.90	143.80	69.40	65.20	143.80
2002	3.40	2.70	63.80	80.40	85.90	134.30	92.20	53.80	136.00	147.60	34.50	151.80	151.80
2003	0.40	16.80	44.00	102.90	57.90	108.40	48.30	102.50	120.10	81.40	82.80	53.30	120.10
2004	40.70	106.10	39.40	77.40	110.00	118.20	68.90	59.50	114.60	76.20	68.20	86.20	118.20
2005	43.90	119.40	99.50	72.50	124.40	56.00	84.10	53.30	76.60	89.70	122.80	105.40	124.40
2006	46.20	22.10	55.80	117.60	72.10	84.40	40.80	87.00	70.30	93.20	160.20	94.40	160.20
2007	7.60	5.90	132.70	68.80	121.50	65.30	61.40	108.40	69.40	56.50	72.80	65.90	132.70
2008	32.70	4.70	8.40	184.60	86.60	88.50	82.10	89.60	73.10	92.00	63.80	72.40	184.60
2009	36.30	25.90	55.50	119.60	116.70	82.20	66.00	133.80	63.40	106.20	58.60	19.80	133.80
2010	0.10	33.60	84.70	77.20	112.30	147.80	98.80	132.70	46.80	80.70	45.00	66.80	147.80
2011	35.70	79.70	37.70	61.30	91.80	126.90	48.20	84.40	90.20	74.60	147.00	83.60	147.00
2012	18.70	30.80	66.80	55.40	80.70	52.20	65.70	74.10	108.70	106.40	53.80	130.20	130.20
2013	0.30	43.60	39.70	115.20	111.20	63.60	87.40	35.00	62.30	52.10	88.30	50.10	115.20
2014	13.20	87.50	73.70	79.20	114.50	123.80	57.30	47.90	45.20	49.40	137.70	90.80	137.70
2015	62.60	12.40	100.70	54.20	66.80	76.20	45.50	60.70	45.80	95.20	106.20	59.80	106.20
2016	1.00	15.10	89.00	160.80	87.80	41.00	94.30	131.80	92.80	67.80	114.00	201.50	201.50
2017	14.50	21.20	83.00	60.90	205.20	61.10	66.70	54.00	72.10	72.60	118.50		205.20
MEDIOS	24.20	43.20	63.30	88.50	97.70	85.30	70.60	77.00	76.40	80.10	80.80	53.40	70.00
MAXIMO	85.00	206.80	187.00	208.00	230.00	222.20	138.80	281.00	148.70	157.90	200.00	201.50	281.00
MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	29.00	11.60	25.00	17.20	18.90	5.00	16.00	0.50	0.00

Fuente: IDEAM, 2020.

Tabla 2. Valores Totales Mensuales de Precipitaciones máximas en 24 horas (mm/mes)

Nombre	Valores totales mensuales de precipitación máximas en 32 años					
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Alcaldia	81.90	120.30	91.50	187.00	181.10	184.20
Sena	81.20	137.00	141.50	131.50	219.40	173.30
Vanguardia	85.00	206.80	187.00	208.00	230.00	222.20

Fuente: Realizada por el autor.

Tabla 3. Valores Totales Mensuales de Precipitaciones máximas en 24 horas (mm/mes)

Valores totales mensuales de precipitación máximas en 32 años						
JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM AÑO
131.30	146.20	137.70	136.30	179.30	237.40	151.18
150.20	137.80	139.30	207.70	154.80	158.90	152.72
138.80	281.00	148.70	157.90	200.00	201.50	188.91

Fuente: Realizada por el autor.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

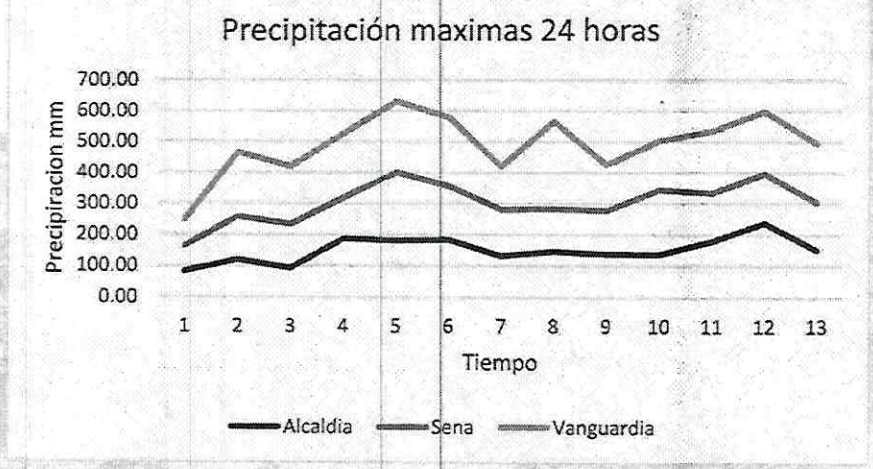
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

La Grafica 1, representa la variación entre estaciones que registraron datos de precipitación en milímetros (mm/mes), en donde se puede ver el comportamiento que lleva a lo largo del año , se evidencia que el periodo seco más influyente inicia desde el mes de enero y termina en el mes de abril, y vuelve a retomar en los últimos meses del año de noviembre a diciembre, los periodos húmedos corresponden a los de mayor precipitación, los cuales ocurren en dos periodos, el pico más alto de precipitación lo presentan los meses de mayo, junio y julio , y el segundo periodo húmedo corresponde a los meses de agosto septiembre y octubre, por lo tanto se tiene que la gráfica 1. Presenta un comportamiento bimodal.

Grafica 1. Valores máximos mensuales de precipitación a lo largo del año de la serie estudiada.



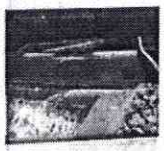
Fuente: Realizada por el autor.

1.5 Estimación de datos faltantes

Para el procesamiento de las series de datos crudas desde 1985 al 2017, se revisaron tres metodologías:

- Coeficiente de correlación lineal.
- Método del inverso del cuadrado de la distancia.
- Método de la precipitación media normal.

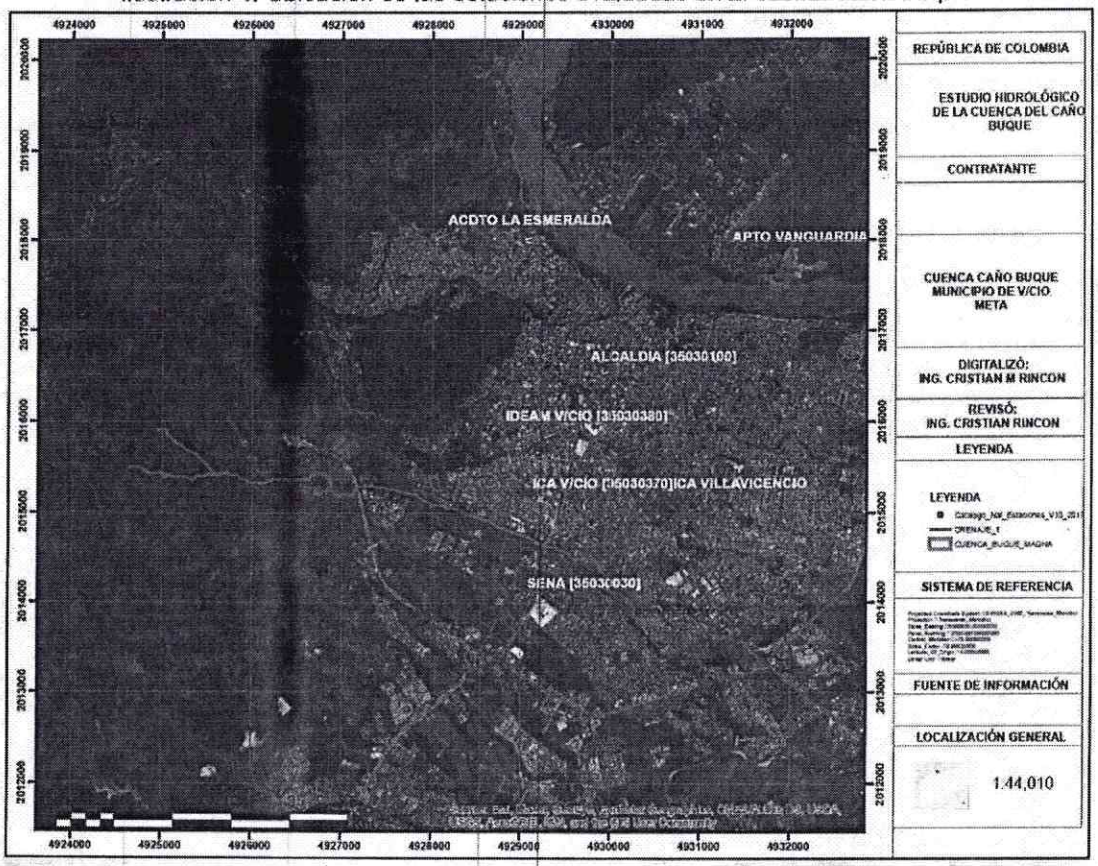
CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

La estación más cercana al área de estudio y por ende con mayor influencia es la estación el Sena.

Ilustración 4. Ubicación de las estaciones evaluadas en la cuenca caño Buque.

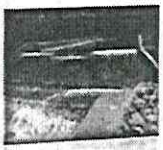


Fuente: Realizada por el autor

Al analizar la correlación lineal que tiene la estación el Sena por ejemplo con algún dato faltante en la serie de tiempo, de acuerdo a la

Tabla 4, se obtuvo la siguiente matriz, representada en la Tabla 5.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Tabla 4. Datos de precipitación estaciones de estudio (mm)

FECHA	E1 (ALCALDIA)	E2 (VANGUARDIA)	EX (SENA)
1/01/1985	0.00	1.00	0.53
1/02/1985	0.00	9.60	6.80
1/03/1985	0.00	50.40	46.20
1/04/1985	0.00	88.70	47.29
1/05/1985	0.00	115.30	61.47
1/06/1985	0.00	148.30	34.60
1/07/1985	0.00	49.20	40.60
1/08/1985	0.00	62.60	44.60
1/09/1985	0.00	108.20	82.80
1/10/1985	0.00	73.30	39.08
1/11/1985	0.00	63.20	56.30
1/12/1985	0.00	23.00	36.70
1/01/1986	0.00	15.00	8.00
1/02/1986	0.00	54.70	29.16
1/03/1986	0.00	59.10	52.80
1/04/1986	0.00	82.30	43.87
1/05/1986	0.00	158.10	156.00
1/06/1986	0.00	48.00	36.80
1/07/1986	0.00	65.80	91.30
1/08/1986	0.00	42.90	36.40
1/09/1986	0.00	81.10	62.70
1/10/1986	0.00	98.00	52.24
1/11/1986	0.00	98.90	96.00
1/12/1986	0.00	28.70	32.10
1/01/1987	0.00	68.40	81.20
1/02/1987	0.00	26.20	32.90
1/03/1987	0.00	75.30	71.90
1/04/1987	0.00	90.70	65.20
1/05/1987	0.00	76.30	45.20
1/06/1987	0.00	47.50	25.32
1/07/1987	0.00	64.50	48.20
1/08/1987	0.00	48.30	38.00
1/09/1987	0.00	46.30	48.80

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

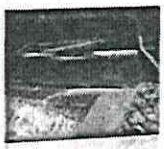
1/10/1987	0.00	120.70	124.00
1/11/1987	0.00	120.10	75.80
1/12/1987	0.00	39.00	20.79
1/01/1988	0.00	1.00	3.30
1/02/1988	0.00	7.20	3.80
1/03/1988	0.00	60.20	92.00
1/04/1988	0.00	97.50	60.80
1/05/1988	0.00	70.40	50.00
1/06/1988	0.00	89.20	47.55
1/07/1988	0.00	44.60	53.70
1/08/1988	0.00	81.70	43.55
1/09/1988	0.00	55.70	24.00
1/10/1988	0.00	89.70	47.82
1/11/1988	0.00	103.50	55.18
1/12/1988	0.00	51.20	27.30
1/01/1989	0.00	27.90	14.87
1/02/1989	0.00	86.00	45.85
1/03/1989	0.00	31.80	18.20
1/04/1989	0.00	59.10	31.51
1/05/1989	0.00	51.40	27.40
1/06/1989	0.00	75.70	40.36
1/07/1989	0.00	45.20	24.10
1/08/1989	0.00	61.10	32.57
1/09/1989	0.00	79.60	42.44
1/10/1989	0.00	157.90	207.70
1/11/1989	0.00	115.60	128.80
1/12/1989	0.00	64.80	83.00
1/01/1990	0.00	23.10	28.30
1/02/1990	0.00	206.80	110.25
1/03/1990	0.00	50.60	23.30
1/04/1990	0.00	101.70	113.60
1/05/1990	0.00	64.40	86.40
1/06/1990	0.00	72.90	38.86
1/07/1990	0.00	73.20	36.80
1/08/1990	0.00	71.60	48.50
1/09/1990	0.00	111.40	56.90
1/10/1990	0.00	56.80	31.20
1/11/1990	0.00	67.10	86.40

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1/12/1990	0.00	86.50	48.40
1/01/1991	0.00	18.80	10.02
1/02/1991	0.00	72.90	49.80
1/03/1991	0.00	175.50	141.50
1/04/1991	0.00	85.20	45.42
1/05/1991	0.00	158.60	129.40
1/06/1991	0.00	69.70	37.16
1/07/1991	0.00	48.00	25.59
1/08/1991	0.00	93.10	49.63
1/09/1991	0.00	64.40	34.33
1/10/1991	0.00	73.40	39.13
1/11/1991	0.00	78.10	41.64
1/12/1991	0.00	27.10	14.45
1/01/1992	0.00	49.20	26.23
1/02/1992	0.00	17.60	8.60
1/03/1992	0.00	66.30	35.34
1/04/1992	0.00	96.50	51.44
1/05/1992	0.00	84.20	44.89
1/06/1992	0.00	110.30	58.80
1/07/1992	0.00	75.70	40.36
1/08/1992	0.00	55.20	29.43
1/09/1992	0.00	86.80	46.27
1/10/1992	0.00	85.20	45.42
1/11/1992	0.00	60.40	32.20
1/12/1992	0.00	69.10	38.00
1/01/1993	0.00	35.80	30.50
1/02/1993	0.00	39.00	30.00
1/03/1993	0.00	76.60	74.50
1/04/1993	0.00	95.00	66.40
1/05/1993	0.00	57.80	59.00
1/06/1993	0.00	60.50	45.70
1/07/1993	0.00	131.20	101.00
1/08/1993	0.00	103.60	115.80
1/09/1993	0.00	83.40	44.46
1/10/1993	0.00	81.70	56.00
1/11/1993	0.00	73.90	54.20
1/12/1993	0.00	77.10	80.50
1/01/1994	0.00	52.30	58.00

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1/02/1994	0.00	47.70	13.90
1/03/1994	0.00	99.50	53.04
1/04/1994	0.00	116.70	103.60
1/05/1994	0.00	125.40	90.00
1/06/1994	0.00	53.20	42.50
1/07/1994	0.00	80.60	92.30
1/08/1994	0.00	58.80	44.60
1/09/1994	0.00	114.40	109.10
1/10/1994	0.00	92.30	90.00
1/11/1994	0.00	94.80	61.20
1/12/1994	0.00	23.60	26.10
1/01/1995	0.00	33.80	35.60
1/02/1995	0.00	9.60	9.30
1/03/1995	48.00	43.10	31.00
1/04/1995	119.90	115.80	104.10
1/05/1995	79.90	82.40	93.40
1/06/1995	60.00	74.10	73.70
1/07/1995	42.50	63.00	6.00
1/08/1995	78.00	115.70	98.10
1/09/1995	110.00	144.30	128.29
1/10/1995	104.00	125.30	115.36
1/11/1995	112.10	120.30	116.47
1/12/1995	32.50	55.10	44.55
1/01/1996	14.40	8.20	11.09
1/02/1996	43.00	42.70	42.84
1/03/1996	34.90	56.00	46.15
1/04/1996	71.40	78.10	74.97
1/05/1996	171.10	199.20	186.08
1/06/1996	60.40	71.90	66.53
1/07/1996	55.60	63.90	60.02
1/08/1996	82.50	96.40	89.91
1/09/1996	119.80	122.60	121.29
1/10/1996	50.50	66.10	42.40
1/11/1996	179.30	138.40	131.60
1/12/1996	91.10	93.60	114.70
1/01/1997	81.90	77.90	71.40
1/02/1997	36.50	42.70	35.00
1/03/1997	73.50	65.30	83.50

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

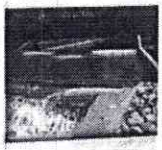
1/04/1997	73.00	73.60	67.20
1/05/1997	181.10	162.90	219.40
1/06/1997	102.50	90.60	129.90
1/07/1997	131.30	134.20	104.00
1/08/1997	64.50	50.80	57.10
1/09/1997	84.70	99.90	91.80
1/10/1997	41.10	46.90	34.80
1/11/1997	47.10	56.70	34.40
1/12/1997	4.90	6.10	9.00
1/01/1998	30.00	19.20	18.00
1/02/1998	80.80	79.60	96.40
1/03/1998	87.60	144.20	129.00
1/04/1998	89.80	122.80	101.70
1/05/1998	97.00	122.40	111.10
1/06/1998	86.60	126.30	105.70
1/07/1998	81.30	73.10	76.93
1/08/1998	146.20	108.60	75.80
1/09/1998	60.30	52.80	56.50
1/10/1998	66.00	87.00	40.80
1/11/1998	75.20	111.20	129.70
1/12/1998	46.50	45.80	21.70
1/01/1999	40.70	15.30	19.20
1/02/1999	48.00	54.30	66.00
1/03/1999	62.40	65.10	63.84
1/04/1999	76.00	107.60	87.20
1/05/1999	67.80	92.60	60.40
1/06/1999	102.60	92.20	97.06
1/07/1999	111.90	111.50	93.10
1/08/1999	52.60	44.40	58.60
1/09/1999	102.60	86.00	83.70
1/10/1999	0.00	69.30	93.40
1/11/1999	112.70	111.80	100.30
1/12/1999	44.00	39.60	34.20
1/01/2000	21.30	21.30	25.50
1/02/2000	46.10	32.70	29.00
1/03/2000	37.40	52.40	38.30
1/04/2000	35.60	43.20	73.10
1/05/2000	135.50	128.60	96.20

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

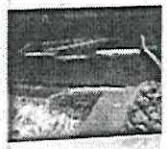
1/06/2000	49.30	46.00	50.10
1/07/2000	42.50	49.50	42.50
1/08/2000	80.40	77.80	99.60
1/09/2000	46.50	51.60	48.00
1/10/2000	71.40	63.70	99.60
1/11/2000	90.70	91.40	98.40
1/12/2000	51.00	59.60	37.90
1/01/2001	5.70	10.40	10.00
1/02/2001	13.40	22.50	19.60
1/03/2001	39.50	35.90	42.60
1/04/2001	68.40	81.70	73.30
1/05/2001	90.60	99.40	82.70
1/06/2001	74.20	73.70	61.20
1/07/2001	122.00	138.80	121.60
1/08/2001	63.60	67.80	64.90
1/09/2001	65.00	58.90	64.90
1/10/2001	102.30	143.80	162.70
1/11/2001	55.50	69.40	77.20
1/12/2001	65.20	65.20	48.40
1/01/2002	4.30	3.40	3.70
1/02/2002	2.20	2.70	3.60
1/03/2002	63.80	63.80	75.00
1/04/2002	77.40	80.40	74.90
1/05/2002	82.30	85.90	89.10
1/06/2002	121.20	134.30	173.30
1/07/2002	126.70	92.20	150.20
1/08/2002	69.30	53.80	59.40
1/09/2002	137.70	136.00	116.70
1/10/2002	136.30	147.60	132.90
1/11/2002	61.20	34.50	58.70
1/12/2002	138.70	151.80	103.80
1/01/2003	0.70	0.40	1.00
1/02/2003	21.30	16.80	21.50
1/03/2003	26.40	44.00	29.10
1/04/2003	96.90	102.90	75.40
1/05/2003	46.50	57.90	50.20
1/06/2003	184.20	108.40	92.60
1/07/2003	42.70	48.30	47.50

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1/08/2003	61.70	102.50	63.10
1/09/2003	89.90	120.10	88.00
1/10/2003	86.20	81.40	100.70
1/11/2003	84.80	82.80	73.20
1/12/2003	79.50	53.30	78.30
1/01/2004	34.50	40.70	65.50
1/02/2004	96.90	106.10	137.00
1/03/2004	37.20	39.40	23.10
1/04/2004	101.20	77.40	100.00
1/05/2004	78.00	110.00	114.10
1/06/2004	114.40	118.20	89.00
1/07/2004	56.00	68.90	61.90
1/08/2004	55.00	59.50	46.70
1/09/2004	121.60	114.60	117.87
1/10/2004	67.70	76.20	72.23
1/11/2004	57.30	69.20	53.10
1/12/2004	50.20	86.20	51.20
1/01/2005	54.40	43.90	39.20
1/02/2005	120.30	119.40	123.20
1/03/2005	40.70	99.50	26.70
1/04/2005	74.20	72.50	73.29
1/05/2005	105.80	124.40	102.50
1/06/2005	74.70	56.00	47.00
1/07/2005	66.20	84.10	64.40
1/08/2005	54.70	53.30	56.90
1/09/2005	97.40	76.60	60.00
1/10/2005	104.50	89.70	130.00
1/11/2005	130.50	122.80	154.80
1/12/2005	42.00	105.40	15.00
1/01/2006	31.20	46.20	33.90
1/02/2006	18.00	22.10	7.00
1/03/2006	91.50	55.80	72.47
1/04/2006	0.00	117.60	62.69
1/05/2006	65.20	72.10	61.70
1/06/2006	74.40	84.40	111.20
1/07/2006	43.90	40.80	36.30
1/08/2006	45.80	87.00	61.30
1/09/2006	49.60	70.30	55.20

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1/10/2006	108.50	93.20	100.34
1/11/2006	148.80	160.20	148.00
1/12/2006	114.60	94.40	83.60
1/01/2007	3.90	7.60	5.00
1/02/2007	9.80	5.90	9.80
1/03/2007	77.00	132.70	71.80
1/04/2007	46.00	68.80	52.00
1/05/2007	92.10	121.50	89.30
1/06/2007	0.00	65.30	34.81
1/07/2007	58.40	61.40	66.60
1/08/2007	94.00	108.40	94.50
1/09/2007	75.30	69.40	50.80
1/10/2007	53.40	56.50	71.40
1/11/2007	96.00	72.80	60.50
1/12/2007	40.60	66.90	54.62
1/01/2008	57.30	32.70	44.19
1/02/2008	7.00	4.70	5.40
1/03/2008	29.00	8.40	13.70
1/04/2008	187.00	184.60	185.72
1/05/2008	77.30	86.60	138.00
1/06/2008	44.60	88.50	47.40
1/07/2008	73.50	82.10	3.00
1/08/2008	89.30	89.60	83.50
1/09/2008	80.20	73.10	76.41
1/10/2008	102.80	92.80	63.00
1/11/2008	70.00	63.80	55.60
1/12/2008	133.20	72.40	61.70
1/01/2009	34.50	36.30	31.00
1/02/2009	20.20	25.90	25.90
1/03/2009	46.00	55.50	87.90
1/04/2009	168.30	119.60	142.34
1/05/2009	96.50	116.70	57.50
1/06/2009	60.30	82.20	77.60
1/07/2009	62.00	66.00	62.10
1/08/2009	62.40	133.80	104.10
1/09/2009	53.90	63.40	47.50
1/10/2009	79.20	106.20	88.30
1/11/2009	49.90	58.60	75.80

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

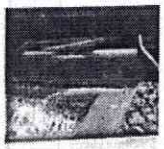
1/12/2009	23.80	19.80	29.10
1/01/2010	2.00	0.10	0.30
1/02/2010	30.60	33.60	32.60
1/03/2010	83.40	84.70	93.00
1/04/2010	100.70	77.20	101.80
1/05/2010	108.90	112.30	104.40
1/06/2010	173.70	147.80	128.80
1/07/2010	79.70	98.80	84.90
1/08/2010	115.00	132.70	133.80
1/09/2010	66.80	46.80	76.30
1/10/2010	44.90	80.70	49.00
1/11/2010	51.20	45.00	66.80
1/12/2010	0.00	66.80	61.60
1/01/2011	56.80	35.70	29.80
1/02/2011	57.70	79.70	62.10
1/03/2011	36.90	37.70	17.70
1/04/2011	65.30	61.30	77.60
1/05/2011	98.70	91.80	69.50
1/06/2011	115.00	126.90	108.00
1/07/2011	51.70	48.20	81.30
1/08/2011	99.10	84.40	123.40
1/09/2011	89.10	90.20	80.80
1/10/2011	0.00	74.60	97.20
1/11/2011	117.90	147.00	137.70
1/12/2011	118.10	83.60	119.00
1/01/2012	10.10	18.70	10.40
1/02/2012	37.60	30.80	35.70
1/03/2012	81.70	66.80	90.80
1/04/2012	57.70	55.40	61.00
1/05/2012	79.20	80.70	120.20
1/06/2012	49.00	52.20	65.90
1/07/2012	63.20	65.70	65.00
1/08/2012	64.00	74.10	85.80
1/09/2012	111.90	108.70	116.80
1/10/2012	76.10	106.40	62.10
1/11/2012	86.10	53.80	69.00
1/12/2012	156.70	130.20	122.50
1/01/2013	0.20	0.30	0.10

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

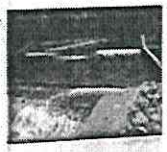
1/02/2013	33.30	43.60	30.00
1/03/2013	58.80	39.70	43.10
1/04/2013	90.80	115.20	131.50
1/05/2013	104.20	111.20	102.70
1/06/2013	50.70	63.60	69.10
1/07/2013	75.60	87.40	75.80
1/08/2013	35.10	35.00	32.20
1/09/2013	31.00	62.30	39.90
1/10/2013	70.60	52.10	53.50
1/11/2013	86.70	88.30	77.70
1/12/2013	55.50	50.10	54.00
1/01/2014	14.80	13.20	19.10
1/02/2014	85.10	87.50	74.00
1/03/2014	60.30	73.70	62.40
1/04/2014	77.60	79.20	60.30
1/05/2014	82.10	114.50	80.40
1/06/2014	139.10	123.80	130.00
1/07/2014	57.80	57.30	55.20
1/08/2014	47.00	42.90	45.90
1/09/2014	51.30	45.20	52.40
1/10/2014	51.10	49.40	45.10
1/11/2014	108.40	137.70	85.30
1/12/2014	88.10	90.80	68.10
1/01/2015	54.00	62.60	56.50
1/02/2015	18.00	12.40	19.40
1/03/2015	77.60	100.70	86.00
1/04/2015	82.80	54.20	69.70
1/05/2015	53.80	66.80	72.90
1/06/2015	68.60	76.20	83.20
1/07/2015	43.10	45.50	43.40
1/08/2015	65.00	60.70	66.60
1/09/2015	66.30	45.80	53.20
1/10/2015	84.80	95.20	81.50
1/11/2015	83.30	106.20	62.40
1/12/2015	43.80	59.80	42.70
1/01/2016	2.00	1.00	3.60
1/02/2016	20.30	15.10	18.00
1/03/2016	75.40	89.00	60.30

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1/04/2016	102.50	160.80	99.60
1/05/2016	87.80	87.80	78.60
1/06/2016	41.30	41.00	50.70
1/07/2016	87.30	94.30	82.50
1/08/2016	129.90	131.80	137.80
1/09/2016	87.30	92.80	139.30
1/10/2016	76.80	67.80	71.60
1/11/2016	147.90	114.00	100.30
1/12/2016	237.40	201.50	158.90
1/01/2017	10.70	14.50	14.00
1/02/2017	40.50	21.20	23.00
1/03/2017	86.00	83.00	99.40
1/04/2017	45.10	60.90	83.50
1/05/2017	177.30	205.20	146.30
1/06/2017	73.30	61.10	76.20
1/07/2017	50.60	66.70	50.90
1/08/2017	58.70	54.00	48.70
1/09/2017	80.20	72.10	59.00
1/10/2017	85.60	72.60	75.40
1/11/2017	127.40	118.50	130.70
1/12/2017	0.00	0.00	0.00

Fuente: Realizada por el autor.

Tabla 5.Matriz de correlaciones de precipitación entre estaciones

	E1 (ALCALDIA)	*E2 (VANGUARDIA)*	*EX (SENA)*
E1 (ALCALDIA)	1		
E2 (VANGUARDIA)	0.545046863	1	
EX (SENA)	0.523749661	0.559628189	1

Fuente: Realizada por el autor.

De la Tabla 5, se puede definir que la relación entre la estación el Sena, Alcaldía y la estación Vanguardia, tiene una correlación moderada, la cual está dentro del rango (+- 0.5, +-0,690).



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

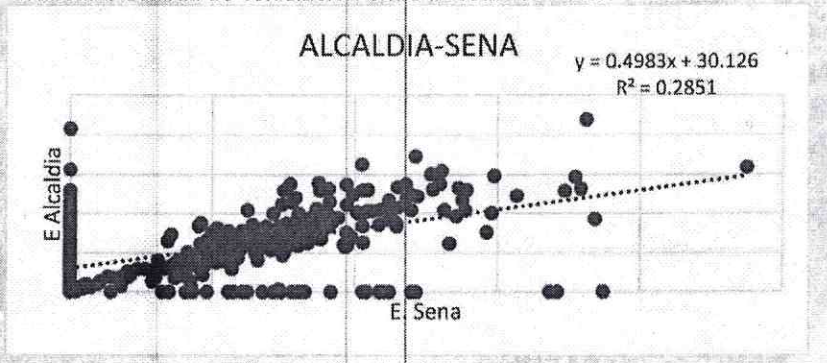
Luego de analizar las recomendaciones se determina que el método que mejor se ajusta a este caso de estudio en particular es el método del coeficiente correlación lineal.

$$Px= (Pa*Ra + Pb*Rb + Pn *Rn...) / (Ra+Rb+Rn...)$$

Donde,

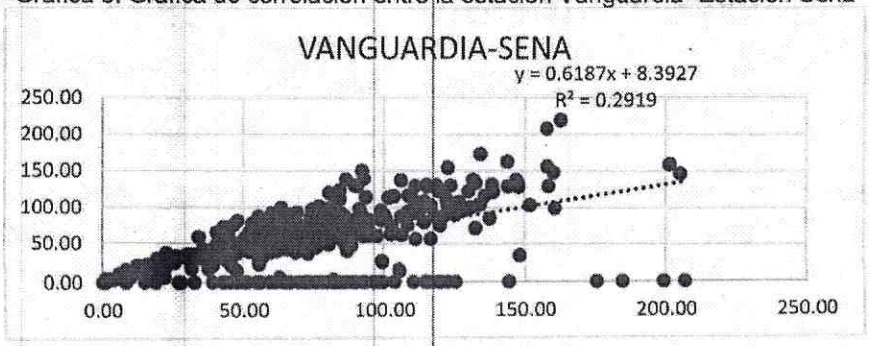
Px	= precipitación faltante en el periodo especifico en la estación X (mm)
Pa	= precipitación en la estación A, en el periodo especifico (mm)
Pb	= precipitación en la estación B, en el periodo especifico (mm)
Pn	= precipitación en la estación n, en el periodo especifico (mm)
Ra,Rb,Rn	= coeficiente de correlación entre las estaciones, A,B.

Grafica 2. Grafica de correlación entre la estación Alcaldía -Estación Sena



Fuente: Realizada por el autor.

Grafica 3. Grafica de correlación entre la estación Vanguardia -Estación Sena



Fuente: Realizada por el autor.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

De este análisis se obtiene la seria de tiempo de precipitación total mensual ajustada en la Tabla 6, a continuación.

Tabla 6. Ajuste de datos faltantes para la seria de tiempo de precipitaciones máximas en 24 horas mensual, Estación el Sena. (mm/mes)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR
1985	0.5331	6.8000	46.2000	47.2865	61.4672	34.6000	40.6000	44.6000	82.8000	39.0767	56.3000	36.7000	82.80
1986	7.9966	29.1609	52.8000	43.8747	156.0000	36.8000	91.3000	36.4000	62.7000	52.2444	96.0000	32.1000	156.00
1987	81.2000	32.9000	71.9000	65.2000	45.2000	25.3226	48.2000	38.0000	48.8000	124.0000	75.8000	20.7911	124.00
1988	3.3000	3.8000	92.0000	60.8000	50.0000	47.5531	53.7000	43.5548	24.0000	47.8196	55.1765	27.2950	92.00
1989	24.8737	45.8471	18.2000	31.5066	27.4017	40.3562	24.0964	32.5728	42.4353	207.7000	128.8000	83.0000	207.70
1990	28.3000	110.2464	23.3000	113.6000	86.4000	38.8635	36.8000	48.5000	56.9000	31.2000	86.4000	48.4000	113.60
1991	10.0224	49.8000	141.5000	45.4207	129.4000	37.1575	25.5891	49.6322	34.3321	39.1300	41.6356	14.4472	141.50
1992	26.2288	8.6000	35.3450	51.4448	44.8876	58.8016	40.3562	28.4275	46.2736	45.4207	32.1996	38.0000	58.80
1993	30.5000	30.0000	74.5000	66.4000	59.0000	45.7000	101.0000	115.8000	44.4611	56.0000	54.2000	80.5000	115.80
1994	58.0000	13.9000	53.0441	103.6000	90.0000	42.5000	92.3000	44.6000	109.1000	90.0000	61.2000	26.1000	109.10
1995	35.6000	9.3000	31.0000	104.1000	93.4000	73.7000	6.0000	98.0981	128.2855	115.3552	116.4715	44.5482	128.29
1996	11.0947	42.8401	46.1485	74.9718	186.0803	66.5307	60.0248	89.9102	121.2927	42.4000	131.6000	114.7000	186.08
1997	71.4000	35.0000	83.5000	67.2000	219.4000	129.9000	104.0000	57.1000	91.8000	34.8000	34.4000	9.0000	219.40
1998	18.0000	96.4000	129.0000	101.7000	111.1000	105.7000	76.9285	75.8000	56.5000	40.8000	129.7000	21.7000	129.70
1999	19.2000	66.0000	63.8394	87.2000	60.4000	97.0557	93.1000	58.6000	83.7000	93.4000	100.3000	34.7000	100.30
2000	25.5000	29.0000	38.3000	73.1000	96.2000	50.1000	42.5000	99.6000	48.0000	99.6000	98.4000	37.9000	99.60
2001	10.0000	19.6000	42.6000	73.3000	82.7000	61.2000	121.6000	64.9000	64.9000	162.7000	77.2000	48.4000	162.70
2002	3.7000	3.6000	75.0000	74.9000	89.1000	173.3000	150.2000	59.4000	116.7000	132.9000	58.7000	103.8000	173.30
2003	1.0000	21.5000	29.1000	75.4000	50.2000	92.6000	47.5000	63.1000	88.0000	100.7000	73.2000	78.3000	100.70
2004	65.5000	137.0000	23.1000	100.0000	114.1000	89.0000	61.9000	46.7000	117.8683	72.2314	53.1000	51.2000	137.00
2005	39.2000	123.2000	26.7000	73.2937	102.5000	47.0000	64.4000	56.9000	60.0000	130.0000	154.8000	15.0000	154.80
2006	33.9000	7.0000	72.4681	62.6933	61.7000	111.2000	36.3000	61.3000	55.2000	100.3435	148.0000	83.6000	148.00
2007	5.0000	9.8000	71.8000	52.0000	89.3000	34.8118	66.6000	94.5000	50.8000	71.4000	60.5000	54.6207	94.50
2008	44.1856	5.4000	13.7000	185.7205	138.0000	47.4000	3.0000	83.5000	76.4149	63.0000	55.6000	61.7000	185.72
2009	31.0000	25.9000	87.9000	142.3377	57.5000	77.6000	62.1000	104.1000	47.5000	88.3000	75.8000	29.1000	142.34
2010	0.3000	37.6000	93.0000	101.8000	104.4000	128.8000	84.9000	133.8000	76.3000	49.0000	66.8000	61.6000	133.80
2011	29.8000	62.1000	17.7000	77.6000	69.5000	108.0000	81.3000	123.4000	80.8000	97.2000	137.7000	119.0000	137.70
2012	10.4000	35.7000	90.8000	61.0000	120.2000	65.9000	65.0000	85.8000	116.8000	62.1000	69.0000	122.5000	122.50
2013	0.1000	30.0000	43.1000	131.5000	102.7000	69.1000	75.8000	32.2000	39.9000	53.5000	77.7000	54.0000	131.50
2014	19.1000	74.0000	62.4000	60.3000	80.4000	130.0000	55.2000	45.9000	52.4000	45.1000	85.3000	68.1000	130.00
2015	56.5000	19.4000	86.0000	69.7000	72.9000	83.2000	43.4000	66.6000	53.2000	81.5000	62.4000	42.7000	86.00
2016	3.6000	18.0000	60.3000	99.6000	78.6000	50.7000	82.5000	137.6000	139.3000	71.6000	100.3000	158.9000	158.90
2017	14.0000	23.0000	99.4000	83.5000	146.3000	76.2000	50.9000	48.7000	59.0000	75.4000	130.7000	0.0000	146.30

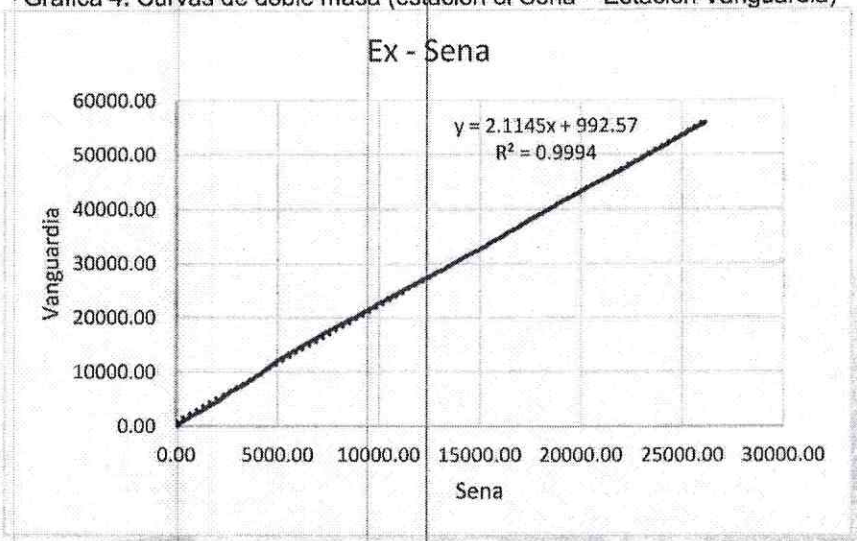
Fuente: Realizada por el autor.

Posteriormente se realiza un análisis de consistencia de los datos entre las estaciones el Sena y Vanguardia, mediante curvas de doble masa, en la Grafica 4, se pueden observar los resultados obtenidos.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Grafica 4. Curvas de doble masa (estación el Sena – Estación Vanguardia)



Fuente: Realizada por el autor.

De la gráfica se puede observar que el cambio de pendiente es imperceptible por lo que no se requiere ajustar los datos y se muestra una serie consistente.

1.6 Cuenca caño Buque.

1.6.1 Localización del sitio de estudio

La cuenca caño Buque se localiza al noroeste del casco urbano del municipio de Villavicencio, el punto de toma proyectado para el puente peatonal está ubicado en la calle 7 entre las carreras 29 y 32, que comunicara los barrios comuneros y Rosalinda, la coordenadas geográficas se encuentra relacionados en Tabla 7. Su cuenca hidrográfica está caracterizada por una alta intervención antrópica, el sector agropecuario genera un alto impacto, sin embargo, según lo estudiado del sector, esta fuente conserva una escorrentía importante durante la época de estiaje.

Tabla 7. Coordenadas geográficas del sitio.

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
COMPONENTE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Puente peatonal	4°7'28.24"N	73°37'43.58"O	466.7 m.s.n.m

Fuente: realizado por el autor.

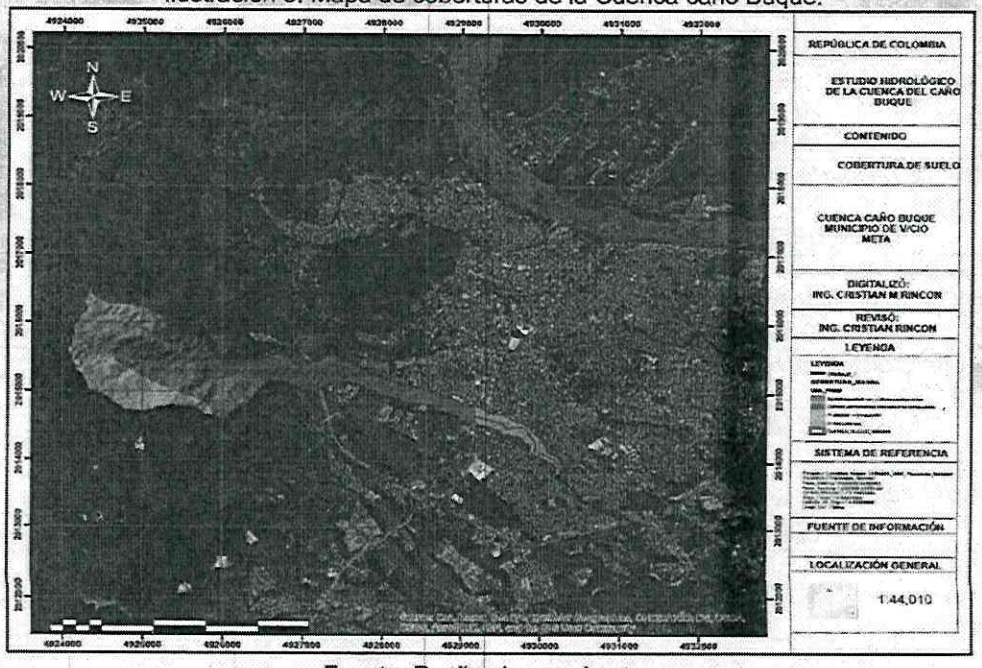
La cuenca tiene un orden de drenaje uno (1) (método Strahler). cuenta con un Área de extensión de 3.687 Km^2 partiendo desde su punto de salida de caudal, tiene un perímetro de 16 Km, la longitud de su cauce principal es de 6.3 km y cuenta con una longitud axial de 5.7 m, las coberturas fueron analizadas en esta fase, en donde se obtuvieron los porcentajes de acuerdo al análisis de usos de suelos, mediante imágenes satelitales e información secundaria, en la Tabla 8, se resumen los datos.

Tabla 8. Coberturas de la unidad de Cuenca del Caño Buque

AREA %	COBERTURA
28.94	Pastos de Pastoreo
35.02	Bosques
28.92	Tierra cultivada
7.12	Urbano, Calles y carreteras

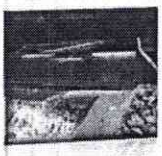
Fuente: Realizada por el autor.

Ilustración 5. Mapa de coberturas de la Cuenca caño Buque.



Fuente: Realizada por el autor.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



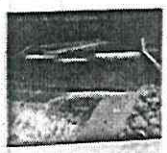
CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Principalmente los factores geológicos son los encargados de moldear el relieve de la cuenca hidrográfica, dado a que la cuenca el Caño Buque indicada desde su punto de salida tiene un área pequeña, su factor de forma no supera la unidad, por lo tanto se puede dar que la concentración de caudal es superior a la salida de caudal ya que cuenta con un coeficiente de compacidad (Kv) de 2.34 superior a la unidad, pero su amenaza de evento extremo tiende a ser moderado, dado a la longitud total del cauce principal es proporcional al área, pero la pendiente media de la cuenca de 32.75% y que es un terreno parcialmente escarpado en la parte alta de la cuenca y a medida que se acerca al piedemonte se difumina, con un tiempo de concentración hasta la salida es de 1.06 horas (h) en promedio (método Kirpich ,Californiana, Bransby - Williams y Giandotti).

Tabla 9. Parámetros morfométricos de la cuenca caño Buque.

MORFOMETRIA CUENCA CAÑO BUQUE			
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS			
AREA	**m^2**	**km^2**	**$millas^2$**
Es la superficie, en proyección horizontal, delimitada por la divisoria topográfica de aguas.	3,689,696.6	3.68970	1.4
LONGITUD RECTA DE LA CUENCA	**m**	**km**	**millas**
Es la longitud de una línea recta con dirección "paralela" al cauce principal.	5,668.83	5.7	3.5
COTA NACIMIENTO	**msnm**		
Es la cota del punto más elevado de la corriente principal	1050		
COTA DESEMBOCADURA	**msnm**		
Es la cota del punto más bajo de la cuenca, usualmente, el punto de salida de la microcuenca.	446.77		
ANCHO DE LA CUENCA	**m**	**km**	**millas**
Es la longitud en el sentido ortogonal al eje del cauce principal.	651	0.7	0.4
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	**m / m**	**%**	
Se calcula como la cota superior menos la cota inferior dividida la longitud del cauce.	0.106	10.6	
PERIMETRO	**m**	**km**	**millas**
Corresponde a la longitud del límite exterior de la cuenca, definido por la divisoria topográfica de aguas.	15,959.5	16.0	9.9
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	**m**	**km**	**millas**

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Es la distancia entre el punto más alejado de la cuenca y un punto de interés especifico o su desembocadura, siguiendo la dirección de drenaje. El recorrido principal, es la máxima distancia recorrida por el flujo de agua dentro de la cuenca.	6,258.23	6.3	3.9
LONGITUD TOTAL DE DRENAJE	**m**	**km**	**millas**
Se calcula como la sumatoria de la longitud de todos los cauces.	7,985	8.0	5.0
RELACIÓN DE RELIEVE	**ECUACIÓN**		**%**
Schumm (1956) propone una expresión muy simple para la descripción del relieve, (Relif Ratio) la Relación de Relieve (Rr) en función de la longitud de la cuenca L y de la diferencia de altura entre la salida de la cuenca y el punto más alto en la divisoria de la cuenca (h)	$R_r = \frac{h}{L}$		0.10

Fuente: Realizada por el autor.

Tabla 10. Coeficientes morfo métricas de la cuenca Caño Buque.

COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS		
COEFICIENTE DE FORMA	**ECUACIÓN**	**Kf**
Índice propuesto por Gravelius, es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.	$Kf = \frac{A}{L^2}$	0.11
INDICE DE ALARGAMIENTO	**ECUACIÓN**	**Ia**
Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal y el ancho máximo de ella. Esta define si la cuenca es alargada cuando su valor es mucho mayor a la unidad o si es muy achatada en ese sentido cuando son valores menores a la unidad.	$I_a = \frac{Longitud_{cuenca}}{Ancho_{cuenca}}$	8.71
INDICE DE CHORLEY	**ECUACIÓN**	**ρ**
Compara la forma de la cuenca a una lemniscata	$\rho = \frac{\Pi * L_{caucep}^{\ 2}}{4 * A_{cuenca}}$	8.34

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

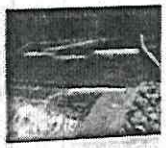


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

INDICE DE GRAVELIUS	ECUACIÓN	i
Está dado por la relación entre el área de un círculo equivalente cuyo perímetro es el perímetro de la cuenca y el área de la cuenca	$i = \frac{P^2}{4 * \Pi * A_{cuenca}}$	5.49
LONGITUD PROMEDIO DE FLUJO SUPERFICIAL	**ECUACIÓN**	**Lo**
Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar a un cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 4 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca, o bien, la inversa de 4 veces la densidad de drenaje.	$Lo = \frac{A_{cuenca}}{4 * \sum L_i} = \frac{1}{4D}$	0.12
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA	**ECUACIÓN**	**%**
Para obtener la pendiente media de la cuenca se pondera la pendiente hallada para cada franja enfunción de su área.Donde:Sm = Pendiente media de la cuencaD = Diferencia entre curvas de nivelL = Longitud total de las curvas de nivelA = Área de la cuenca	$S_m = \frac{L * D}{A_{cuenca}}$	32.75
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	**ECUACIÓN**	**Kc**
Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.	$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi\left(\frac{A_{cuenca}}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$	2.34
RELACION DE ELONGACION	**ECUACIÓN**	**Kc**
Se define como el cociente entre el diámetro de un círculo que tiene igual proporción al área de la cuenca y la longitud de la misma.	$R_e = 1.128 * \frac{\sqrt{A}}{L}$	0.38
RELACION DE HORTON	**ECUACIÓN**	**Rf**

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



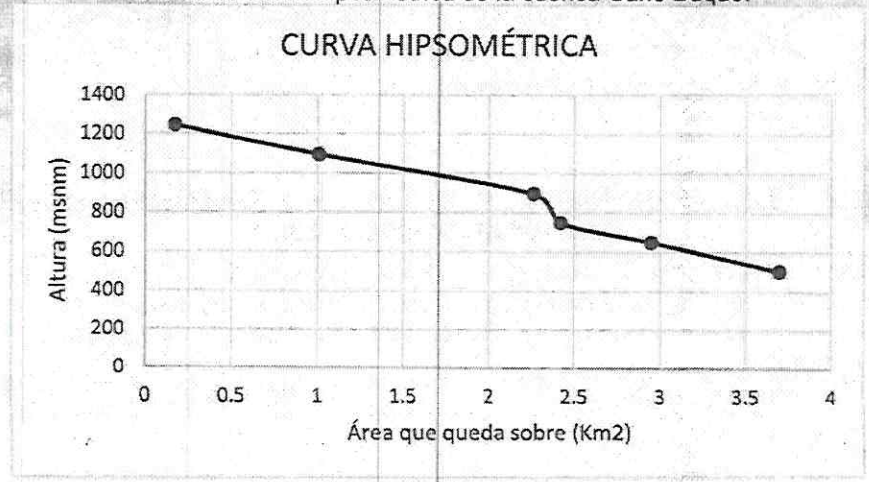
CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Corresponde a la relación entre el area de la cuenca y la longitud de la misma.	$R_f = \frac{A_{cuenca}}{L_{caucep}^{\ 2}}$	0.09
DENSIDAD DE DRENAJE	**ECUACIÓN**	**D**
Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total	$D = \frac{\sum L_i}{A_{cuenca}}$	2.16
SINUOSIDAD DEL CAUCE PRINCIPAL	**ECUACIÓN**	**Si**
Es la relación que existe entre la longitud del cauce principal, Lc, y la longitud del valle del cauce principal medida en línea recta o curva, Lt.	$S_i = \frac{L_{drenajep}}{L}$	1.10
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA	**ECUACIÓN**	**m.s.n.m.**
La altura media se calcula como la altura más frecuente en función del área entre curvas de nivel.	$Hmedia = \frac{\Sigma Area * Altmedia_i}{\Sigma Area}$	838.02

Fuente: Realizada por el autor.

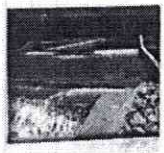
La curva hipsométrica en la Grafica 5, refleja que es una cuenca en equilibrio en fase de madurez La pendiente media de la cuenca obtenida es de un 32.75%. El perfil del cauce se puede evidenciar en la Grafica 6.

Grafica 5. Curva hipsométrica de la cuenca Caño Buque.



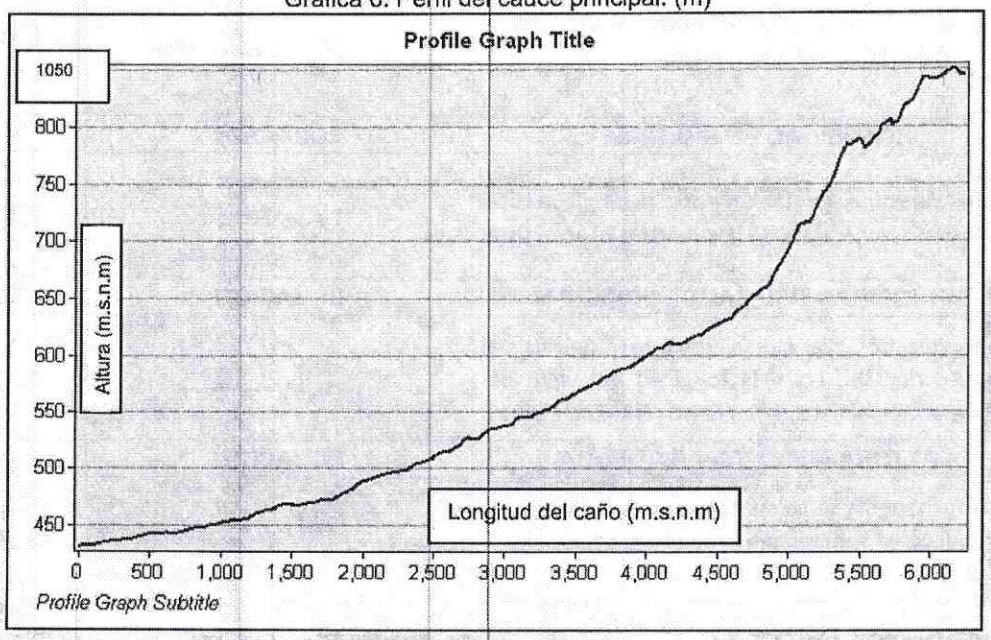
Fuente: Realizada por el autor.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Grafica 6. Perfil del cauce principal. (m)



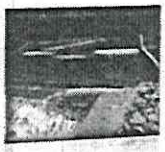
Fuente: Realizada por el autor.

Los tiempos de concentración se estimaron por medio de las ecuaciones de método Kirpich, Californiana, Bransby - Williams y Giandotti. Este tiempo está relacionado con la forma de la cuenca y se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que la totalidad de la cuenca contribuya al drenaje, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la divisoria de aguas hasta llegar a la salida de la misma.

Tabla 11. Estimación del tiempo de concentración de la unidad de Cuenca Caño Buque

TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN		
Está relacionado con la forma de la cuenca y se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que la totalidad de la cuenca contribuya al drenaje, o en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la divisoria de aguas hasta llegar a la salida de la misma.		
FÓRMULA DE KIRPICH	**ECUACIÓN**	**Tc (min)**

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



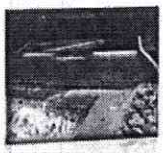
CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Calcula el tiempo de concentración, Tc, en minutos, según la ecuación: Donde L la longitud del cauce principal de la cuenca, en metros, y S la diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).	$T_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$	38.66
FÓRMULA CALIFORNIANA (DEL U.S.B.R.)	**ECUACIÓN**	**Tc (min)**
Es la expresión utilizada para el tiempo de concentración en el cálculo del hidrograma triangular del U.S. Bureau of Reclamation. Donde Tc en minutos, y L es la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente.	$T_c = \left(0.066 \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0.77} \right) * 60$	38.51
FÓRMULA DE BRANSBY – WILLIAMS	**ECUACIÓN**	**Tc (min)**
Tc = Es el tiempo de concentración (min.) L = Longitud del cauce desde la divisoria hasta la salida (m) H = Caída promedio del cauce (metros por cien metros) A = Área total de drenaje (m2)	$T_c = 0.14464 \left[\frac{L}{H^{0.2} A^{0.1}} \right]$	124.35
FÓRMULA DE GIANDOTTI	**ECUACIÓN**	**Tc (min)**
Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en minutos siendo L la longitud y J la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente y A la superficie de la cuenca en Km2.	$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{J * L}} \right) * 60$	53.41

Fuente: Realizada por el autor.

El tiempo de concentración promedio estimado para la cuenca caño Buque fue de (Tc) 1,06 horas.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1.7 Método del NRCS (USDA-NRSC, 2007)

El número de Curva del método del NRCS en la cuenca (Tabla 8, coberturas) se estima a partir del Grupo Hidrológico del suelo y de su uso y cobertura.

Tabla 12. Clasificación del suelo según el método de la N.R.C.S.

Clasificación del suelo para el método S.C.S.*	
Tipo A	**Bajo potencial de escorrentía.** Suelos con alta infiltración arenas con poco limo y arcilla y gravas profundas
Tipo B	**Moderadamente bajo potencial de escorrentía.** Suelos con ratas de infiltración moderadas, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, arenas finas y limos.
Tipo C	**Moderadamente alto potencial de escorrentía.** Suelos de infiltración lenta, con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arcillas, arenas arcillosas poco profundas y arcillas.
Tipo D	**Alto potencial de escorrentía.** Suelos con infiltración muy lenta, suelos arcillosos con alto potencial expansivo, suelos salinos con nivel freático alto y permanente.

Fuente: USDA-NRSC, 2007

Usos	Descripción de usos	Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamientos de conservación.	72	81	88	91
	Con tratamientos de conservación.	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres.	68	79	86	89
	Condiciones óptimas.	39	61	74	80
Vegas de rio	Condiciones óptimas.	30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, cementerios, etc.	Óptimas condiciones: Cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
	Condiciones aceptables: Cubierta de pasto en el 50% al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios	85% impermeables	89	92	94	95

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Distritos industriales	72% impermeables		81	88	91	93
Residencial	Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
	1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
	1/4 acre	38	61	75	83	87
	1/3 acre	30	57	72	81	86
	1/2 acre	25	54	70	80	85
	1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.			98	98	98	98
Calles y carreteras:	Pavimentos con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
	Grava		76	85	89	91
	Tierra		72	82	87	89

Fuente: USDA-NRSC, 2007

Tabla 13. Clasificación del área de cobertura para el numero CN.

Cuenca de caño Buque							
Uso	Descripción de Uso	Área ha	Área m2	% Área	Tipo de suelo	CN	PONDERACIÓN
Pastos de Pastoreo	Condiciones optimas	9.86	1067792.413	29.00%	Grupo B	79	22.91
Bosques	Cubierta buena	30.73	1066972.905	29.00%	Grupo B	55	15.95
Tierra cultivada	Tierra	1.02	1292263.27	35.00%	Grupo B	71	24.85
Residencial	1/8 acre o menos	1.27	262668.0518	7.00%	Grupo B	85	5.95
Total		42.88	3689696.64	100%		CN PONDERADO	69.66

Fuente: USDA-NRSC, 2007

Tabla 14 Determinación de los parámetros morfométricos con número CN.

CURVA NUMERO CN	ALMACENAMIENTO POTENCIAL S (Mm)	ABSTRACCIONES INICIALES Ia (mm)
69.66	110.63	22.13

Fuente: Realizada por el autor.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



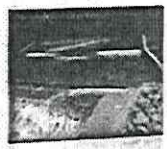
CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1.8 Curva intensidad, duración, frecuencia (IDF)

Esta intensidad se define en función del periodo de retorno del evento y la duración de una tormenta. Para obtener la lluvia de diseño de la cuenca se emplearon los valores máximos de precipitaciones promedio en 24 horas, para un periodo comprendido desde el 1985 al 2017 de la estación Sena. De allí se generó la curva IDF sintética, aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este estudio se empleó la distribución Gumbel.

Tabla 15. Registros pluviométricos Estación Sena - Método Gumbel (mm)

No	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	*xi*	*(xi - x) ^2*
1	**1985**	82.80	82.80	2585.65
2	**1986**	156.00	156.00	499.56
3	**1987**	124.00	124.00	93.11
4	**1988**	92.00	92.00	1734.66
5	**1989**	207.70	207.70	5483.51
6	**1990**	113.60	113.60	401.97
7	**1991**	141.50	141.50	61.63
8	**1992**	58.80	58.80	5602.17
9	**1993**	115.80	115.80	318.60
10	**1994**	109.10	109.10	602.67
11	**1995**	128.29	128.29	28.77
12	**1996**	186.08	186.08	2749.01
13	**1997**	219.40	219.40	7353.19
14	**1998**	129.70	129.70	15.60
15	**1999**	100.30	100.30	1112.17
16	**2000**	99.60	99.60	1159.35
17	**2001**	162.70	162.70	843.95
18	**2002**	173.30	173.30	1572.18
19	**2003**	100.70	100.70	1085.65
20	**2004**	137.00	137.00	11.23



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

21	**2005**	154.80	154.80	447.35
22	**2006**	148.00	148.00	205.94
23	**2007**	94.50	94.50	1532.66
24	**2008**	185.72	185.72	2711.42
25	**2009**	142.34	142.34	75.49
26	**2010**	133.80	133.80	0.02
27	**2011**	137.70	137.70	16.41
28	**2012**	122.50	122.50	124.31
29	**2013**	131.50	131.50	4.62
30	**2014**	130.00	130.00	13.32
31	**2015**	86.00	86.00	2270.45
32	**2016**	158.90	158.90	637.60
33	**2017**	146.30	146.30	160.04

Fuente: Realizada por el autor.

Tabla 16. Estadísticos de las intensidades máximas anuales de 24 horas

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Media □	133.65	mm
Desviación estándar S	36.02	mm
α	28.08	
u	117.44	

Fuente: Realizada por el autor.

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

$$I = \frac{530.9628\ Tr^{0.147202}}{t^{0.61639}}$$

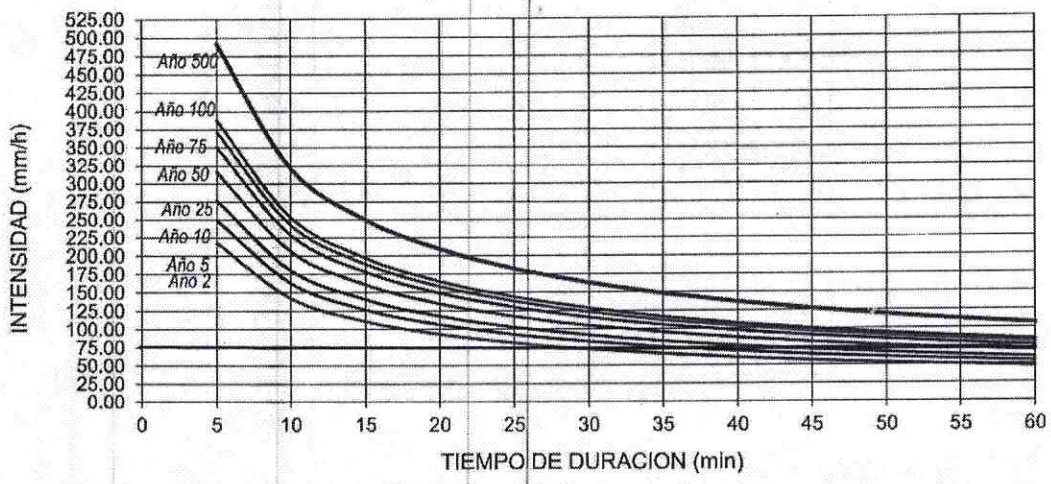
Donde,

I = Intensidad de precipitación en mm/h
Tr = Periodo de retorno en años
T = Tiempo de duración de precipitación en min
Las curvas estimadas se muestran en Grafica 7,

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Grafica 7. CURVA IDF



Fuente: Realizada por el autor.

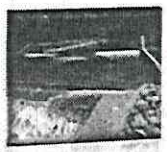
1.9 Análisis de los caudales máximos de creciente

Una de las principales aplicaciones hidrológicas es la estimación de caudales de máximas crecidas para determinados periodos de retorno, para el dimensionamiento de obras por ejemplo de puentes que cruzan cuerpos hídricos.

1.9.1 Tormenta de diseño

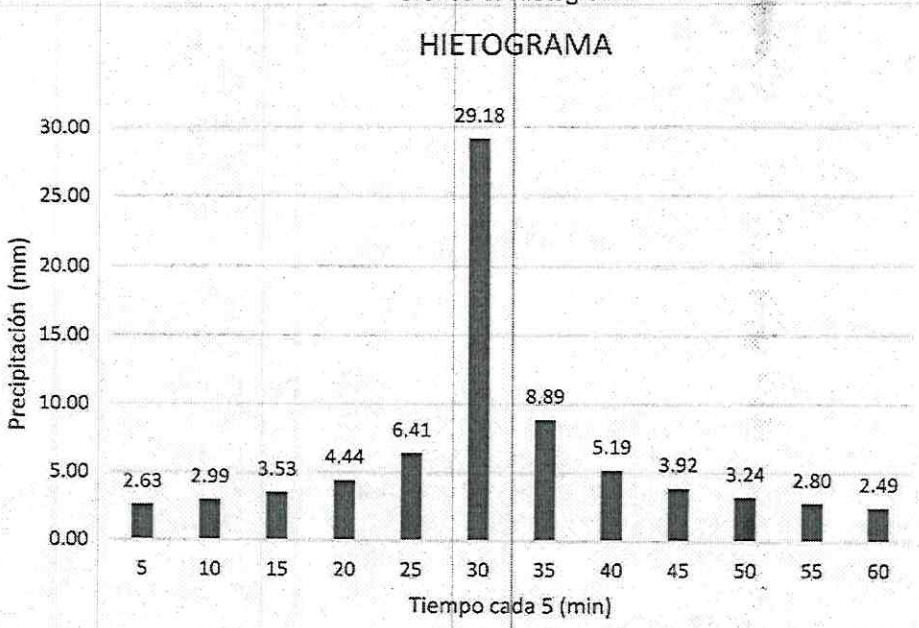
Se empleo la ecuación de las curvas IDF, estimada en el capítulo 1.8, la tormenta de diseño se generó por el método de bloques alterno, para una duración de 1 horas, siendo coherentes con el tiempo de concentración de la cuenca.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Grafica 8: Hietograma



Fuente: Realizada por el autor.

Tabla 17. Bloques alternos

Tr (años)	50
Tc (min)	63.73
Duración (min)	60.00
Cn	69.66
S (mm)	110.63
Ia (mm)	22.13
Lag	38.24

11.063

t(min)	Intensidad (mm/horas)	Precipitacion acumulada (mm)	Precipitacion incremental (mm)	Precipitacion incremental central (mm)
5	350.20	29.18	29.18	2.63
10	228.44	38.07	8.89	2.99
15	177.92	44.48	6.41	3.53
20	149.01	49.67	5.19	4.44
25	129.86	54.11	4.44	6.41
30	116.06	58.03	3.92	29.18
35	105.54	61.56	3.53	8.89
40	97.20	64.80	3.24	5.19
45	90.39	67.79	2.99	3.92
50	84.71	70.59	2.80	3.24
55	79.88	73.22	2.63	2.80
60	75.70	75.70	2.49	2.49

Fuente: Realizada por el autor.

Independiente del método de cálculo, estos están en función del evento de precipitación y las condiciones de la cuenca, con las siguientes características:

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Tabla 18. Parámetros para la estimación del caudal máximo

Área [km²]	3.69
Longitud del cauce [km]	6.26
Pendiente cauce [m/m]	0.106
Diferencia nivel [m]	603
Tiempo Conc. [hr]	1.062

Fuente: Realizada por el autor.

1.9.2 Periodo de retorno

El puente proyectado, tiene como luz aproximadamente 29,26 m, según el archivo en formato DWG, entregado por el contratista (**E02-071-018 1**). El manual de drenajes del Instituto nacional de vías establece en el capítulo 4.5.2 "El caudal de diseño de un puente se calcula en función del tamaño de su cuenca aferente y de la información disponible, aplicando las metodologías y períodos de retorno descritos en los numerales 2.4. y 2.5 del Capítulo 2." En dichos numerales se establece en la Tabla 19, que, para un puente con una longitud mayor a 10 m, el periodo de diseño es de **50** años.

Tabla 19. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	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

Fuente: Manual de drenajes INVIAS, 2009, capitulo 2, tabla 2.8.

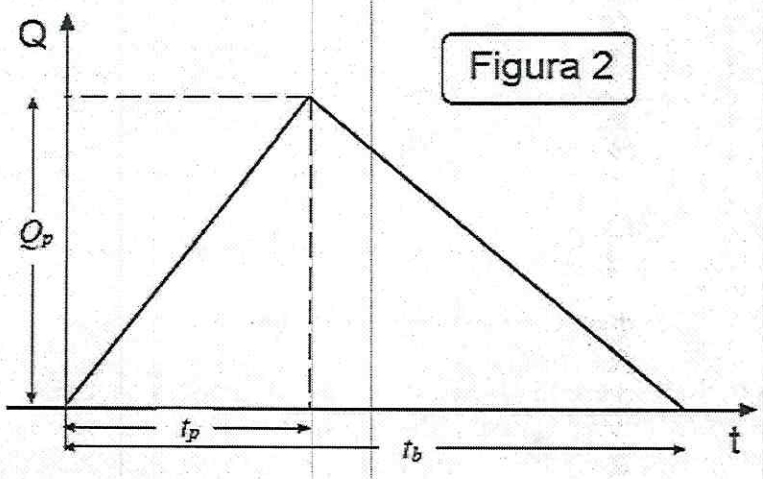
CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1.10 Caudal de máxima creciente

El método del NRCS, desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los EE.UU, tiene como referencia básica el National Engineering Handbook, parte 630 "Hydrology" (USDANRCS, 2007)). El método ha sido desarrollado para estimar el volumen de escurrimiento y el hidrograma de crecidas para pequeñas cuencas no aforadas. El método calcula el volumen de escurrimiento de eventos extremos a partir de la precipitación, las características del suelo, cobertura de la cuenca y condiciones antecedentes de humedad.

Ilustración 6. Hidrograma Unitario



Fuente: Manual de pequeñas presas Volumen 1.

Ilustración 7. Ecuaciones método NRCS

Tiempo de la punta (horas): $t_p = 0{,}5 . D + 0{,}6 . t_c$ Tiempo base (horas): $t_b = 2.67 . t_p$ (3) Caudal de la punta (m^3 / seg.): $Q_p = \frac{0.208 . P . A}{t_p}$ (4)	Donde: t_c = tiempo de concentración (horas) D = Duración de la precipitación efectiva (horas) P = precipitación efectiva (mm.) A = superficie de la cuenca (km^2)

Fuente: Manual de pequeñas presas Volumen 1.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

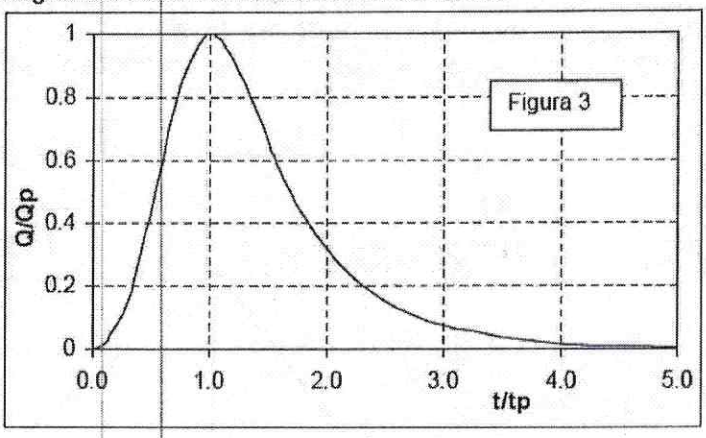


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Se observó al estudiar una gran cantidad de hidrogramas. Tomando la caudal punta (Qp) como unidad de caudal y el tiempo al pico (tp) como unidad de tiempo, la mayoría de los hidrogramas de avenidas tienen una forma similar.

Ilustración 8. Hidrograma unitario adimensional método NRCS

t / t_p	Q / Q_p	t / t_p	Q / Q_p
0,0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,65
0,2	0,075	1,6	0,57
0,3	0,16	1,8	0,43
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,60	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1,0	1,00	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004



Fuente: Manual de pequeñas presas Volumen 1.

Uno de los métodos para el cálculo de escorrentía como caudal es la modelación mediante el programa del Centro Hidrológico del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de Estados Unidos denominado HEC HMS (sistema de modelación hidrológica). El HEC HMS, está diseñado para simular la escorrentía superficial resultado de la precipitación o hietograma de entrada, mediante la representación de la cuenca como un sistema de componentes interconectados.

Cada componente modela un aspecto del proceso lluvia escorrentía dentro de una subcuenca o sub áreas; los componentes incluyen escorrentía superficial de las sub arras, los canales y los embalses; cada componente se representa por un conjunto de parámetros que especifica las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen sus procesos físicos.

A continuación, se presenta los resultados producto de esta modelación con el programa HEC HMS.



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ilustración 9. Resultados de la modelación con HEC HMS

Project: CUENCA BUQUE Simulation Run: Run 5
Subbasin: SALIDA

Start of Run:	01ene2020, 00:00	Basin Model:	BUQUE
End of Run:	01ene2020, 04:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:	22sep2020, 10:02:27	Control Specifications:	Control 1

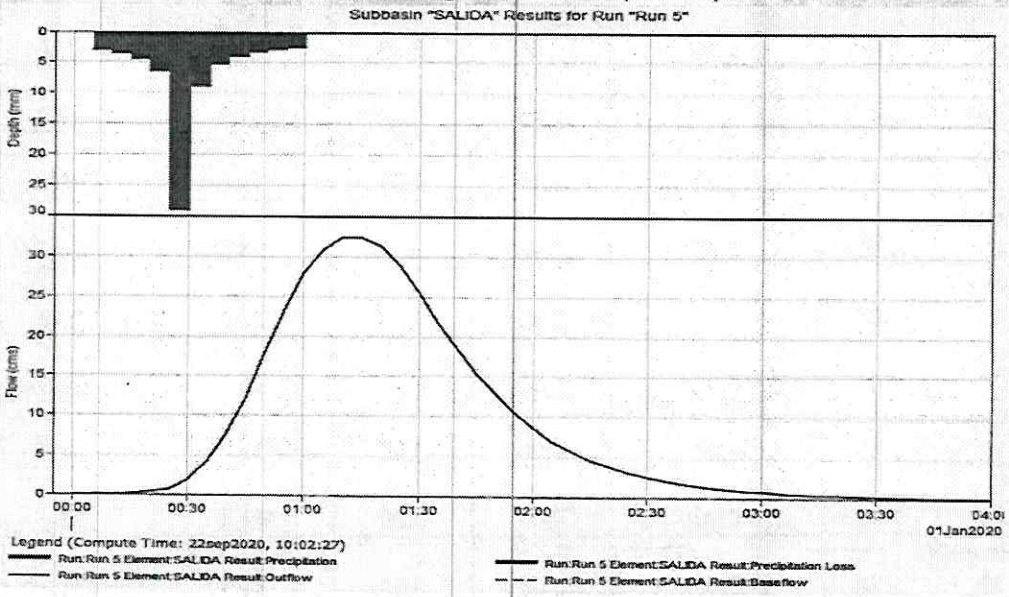
Volume Units: (●) MM ( ) 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	32,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01ene2020, 01:10
Precipitation Volume:	75,53 (MM)	Direct Runoff Volume:	32,89 (MM)
Loss Volume:	42,64 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	32,89 (MM)	Discharge Volume:	32,89 (MM)

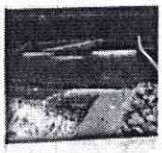
Fuente: HEC HMS.

Hietograma de entrada e hidrograma de salida para un periodo de 50 años.



Fuente: HEC HMS.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Tabla 20. Resultado: Hidrograma

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Perdidas (mm)	Excesos (mm)	Caudal directo (m^3/s)	Caudal Total (m^3/s)
1-ene-20	0:00				0,0	0,0
1-ene-20	0:05	2,63	2,44	0,19	0,0	0,0
1-ene-20	0:10	2,99	2,64	0,35	0,0	0,0
1-ene-20	0:15	3,53	2,95	0,58	0,1	0,1
1-ene-20	0:20	4,44	3,47	0,97	0,3	0,3
1-ene-20	0:25	6,41	4,59	1,82	0,7	0,7
1-ene-20	0:30	29,00	16,17	12,83	2,0	2,0
1-ene-20	0:35	8,89	3,84	5,05	4,3	4,3
1-ene-20	0:40	5,19	2,06	3,13	7,7	7,7
1-ene-20	0:45	3,92	1,48	2,44	12,3	12,3
1-ene-20	0:50	3,24	1,17	2,07	18,0	18,0
1-ene-20	0:55	2,80	0,98	1,82	23,5	23,5
1-ene-20	1:00	2,49	0,85	1,64	27,9	27,9
1-ene-20	1:05	0,00	0,00	0,00	30,9	30,9
1-ene-20	1:10	0,00	0,00	0,00	32,5	32,5
1-ene-20	1:15	0,00	0,00	0,00	32,4	32,4
1-ene-20	1:20	0,00	0,00	0,00	31,3	31,3
1-ene-20	1:25	0,00	0,00	0,00	28,9	28,9
1-ene-20	1:30	0,00	0,00	0,00	25,5	25,5

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1-ene-20	1:35	0,00	0,00	0,00	21,8	21,8
1-ene-20	1:40	0,00	0,00	0,00	18,5	18,5
1-ene-20	1:45	0,00	0,00	0,00	15,5	15,5
1-ene-20	1:50	0,00	0,00	0,00	12,8	12,8
1-ene-20	1:55	0,00	0,00	0,00	10,6	10,6
1-ene-20	2:00	0,00	0,00	0,00	8,6	8,6
1-ene-20	2:05	0,00	0,00	0,00	7,0	7,0
1-ene-20	2:10	0,00	0,00	0,00	5,7	5,7
1-ene-20	2:15	0,00	0,00	0,00	4,7	4,7
1-ene-20	2:20	0,00	0,00	0,00	3,8	3,8
1-ene-20	2:25	0,00	0,00	0,00	3,1	3,1
1-ene-20	2:30	0,00	0,00	0,00	2,6	2,6
1-ene-20	2:35	0,00	0,00	0,00	2,1	2,1
1-ene-20	2:40	0,00	0,00	0,00	1,7	1,7
1-ene-20	2:45	0,00	0,00	0,00	1,4	1,4
1-ene-20	2:50	0,00	0,00	0,00	1,2	1,2
1-ene-20	2:55	0,00	0,00	0,00	0,9	0,9
1-ene-20	3:00	0,00	0,00	0,00	0,8	0,8
1-ene-20	3:05	0,00	0,00	0,00	0,6	0,6
1-ene-20	3:10	0,00	0,00	0,00	0,5	0,5

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1-ene-20	3:15	0,00	0,00	0,00	0,4	0,4
1-ene-20	3:20	0,00	0,00	0,00	0,4	0,4
1-ene-20	3:25	0,00	0,00	0,00	0,3	0,3
1-ene-20	3:30	0,00	0,00	0,00	0,2	0,2
1-ene-20	3:35	0,00	0,00	0,00	0,2	0,2
1-ene-20	3:40	0,00	0,00	0,00	0,1	0,1
1-ene-20	3:45	0,00	0,00	0,00	0,1	0,1
1-ene-20	3:50	0,00	0,00	0,00	0,1	0,1
1-ene-20	3:55	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
1-ene-20	4:00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0

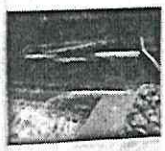
Fuente: HEC HMS.

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es de 32,5 m³/s.

2 ESTUDIO HIDRÁULICO

Una vez obtenido el caudal para la máxima creciente para el periodo de retorno de 50 años, se procede a realizar la modelación hidráulica, con las hipótesis adoptadas y los datos aportados del levantamiento topográficos de cerca de 128 m, comprendidos aguas arriba y aguas debajo del sitio proyectado para la construcción del puente peatonal. Para la modelación se emplea el programa HEC RAS, a partir de la geometría del cauce a estudiar y el caudal obtenido en HEC HMS para nuestra cuenca de estudio, podemos obtener la extensión de la lámina de agua y la altura de la misma en el cauce.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META

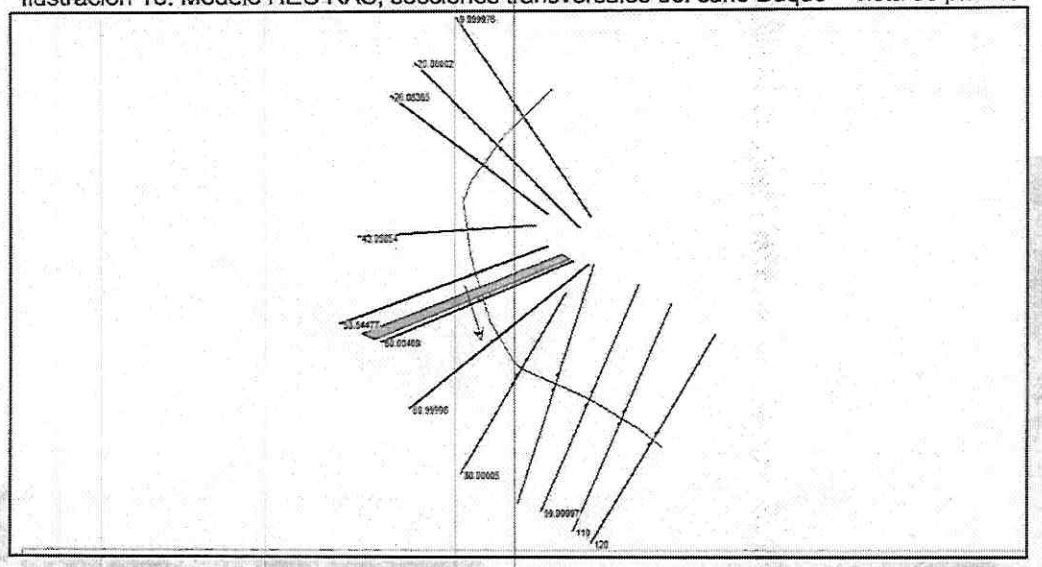


CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

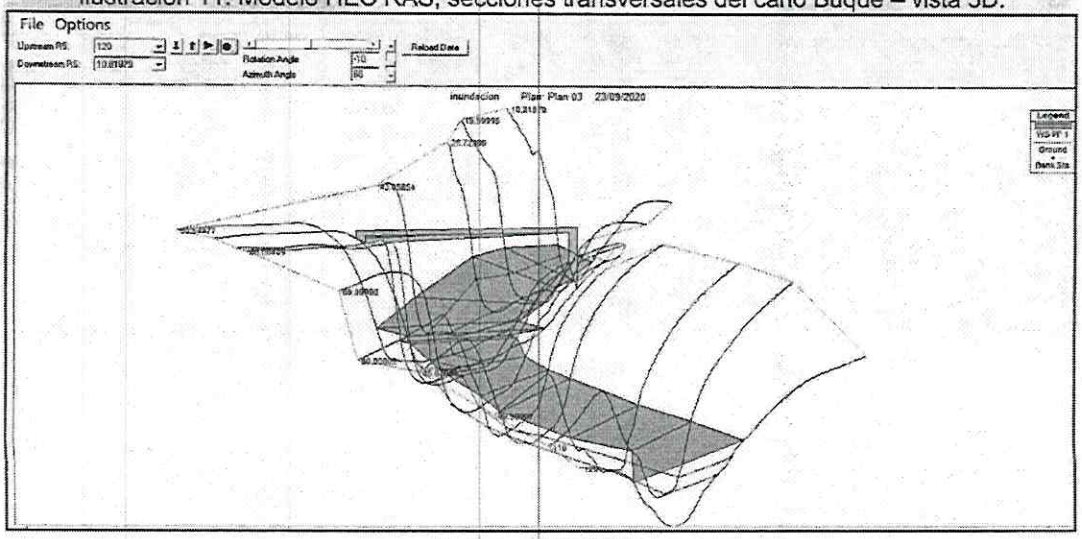
2.1 Modelación hidráulica

Ilustración 10. Modelo HEC RAS, secciones transversales del caño Buque – vista de planta.



Fuente: HEC RAS.

Ilustración 11. Modelo HEC RAS, secciones transversales del caño Buque – vista 3D.



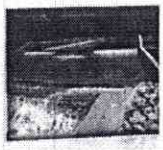
Fuente: HEC RAS.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

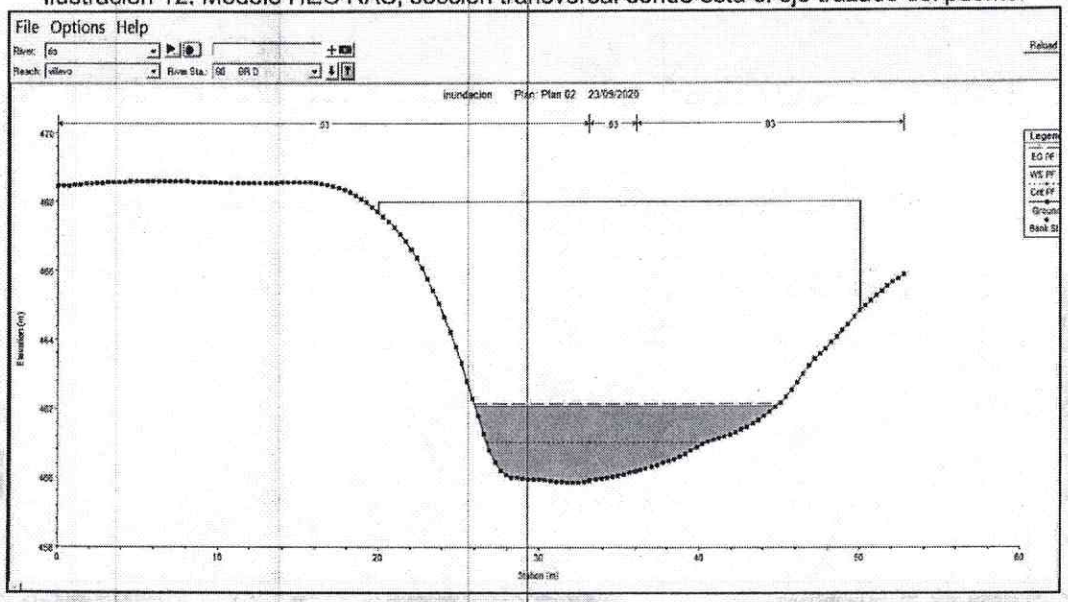
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ilustración 12. Modelo HEC RAS, sección transversal donde está el eje trazado del puente.



Fuente: HEC RAS.

Ilustración 13. Parámetros ingresados al modelo

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: rio Reach: villa

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
villavo	120	PF 1	32.50	460.52	462.05	460.22	462.10	0.000341	0.65	32.77	16.06	0.19
villavo	110	PF 1	32.50	458.44	462.05		462.10	0.000264	1.21	34.86	14.65	0.21
villavo	99.99997	PF 1	32.50	458.72	462.04		462.10	0.000334	1.29	33.29	16.40	0.23
villavo	85.68088	PF 1	32.50	459.23	462.04		462.09	0.000316	1.15	34.68	16.65	0.22
villavo	80.00005	PF 1	32.50	459.17	462.02		462.08	0.000388	1.25	30.47	14.20	0.24
villavo	69.99998	PF 1	32.50	459.24	461.99		462.08	0.000556	1.47	26.93	13.83	0.29
villavo	60.00409	PF 1	32.50	459.44	462.00	460.78	462.07	0.000530	1.35	29.38	15.92	0.28
villavo	60		Bridge									
villavo	53.54477	PF 1	32.50	459.91	461.98		462.06	0.000766	1.43	27.21	18.50	0.33
villavo	43.05854	PF 1	32.50	459.83	461.97		462.04	0.000766	1.47	27.91	19.08	0.33
villavo	25.72399	PF 1	32.50	459.08	461.96		462.02	0.000531	1.26	29.97	17.28	0.26
villavo	19.99995	PF 1	32.50	459.39	461.91		462.02	0.000949	1.68	23.76	15.30	0.35
villavo	10.81879	PF 1	32.50	459.67	461.34	461.34	461.94	0.009029	3.74	9.60	8.33	1.01

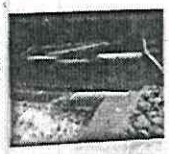
Fuente: HEC RAS.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR

TELEFONO: 311 550 72 97

E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com

VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ

INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ilustración 14. Tabla de resultados de la modelación con HEC RAS.

Plan: Plan 03 rio villavo RS: 60.00409 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	462.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.	0.030	0.030	0.030
W.S. Elev (m)	462.00	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)	460.78	Flow Area (m2)	8.36	8.35	12.67
E.G. Slope (m/m)	0.000530	Area (m2)	8.36	8.35	12.67
Q Total (m3/s)	32.50	Flow (m3/s)	8.64	11.32	12.55
Top Width (m)	15.92	Top Width (m)	4.23	3.53	8.15
Vel Total (m/s)	1.11	Avg. Vel. (m/s)	1.03	1.35	0.99
Max Chl Dpth (m)	2.56	Hydr. Depth (m)	1.98	2.37	1.55
Conv. Total (m3/s)	1411.8	Conv. (m3/s)	375.2	491.6	545.0
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)	5.35	3.56	8.63
Min Ch El (m)	459.44	Shear (N/m2)	8.12	12.19	7.62
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	2704.15	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.59	0.33	0.90
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.38	0.15	0.65

Fuente: HEC RAS.

Cristian Mauricio Rincon Diaz
c/c 1.121.864.307 de Villavicencio – Meta
Tarjeta profesional No 25202220541 CND – Ingeniero Civil
Especialista en Aguas y Saneamiento Ambiental.
Registro profesional No 026364.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META



CRISTIAN MAURICIO RINCON DIAZ
INGENIERO CIVIL – CONSULTOR HIDRÁULICO - ESP. EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

BIBLIOGRAFÍA

- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS. Manual de drenajes para carreteras. Capitulo dos, hidrología de drenaje superficial. Diciembre de 2009; COLOMBIA.
- MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PEQUEÑAS PRESAS. Método NRCS. Segunda edición abril de 2011, URUGUAY.
- ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA EL SECTOR HIDROLÓGICO DE LA QUEBRADA EL DIAMANTE, MEDIANTE MODELACIÓN CON HEC-HMS. Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2017 – COLOMBIA.

CALLE 3 # 28d – 03 B. QUINTAS DEL PALMAR
TELEFONO: 311 550 72 97
E-MAIL: ingcristian.rincon@gmail.com
VILLAVICENCIO – META