



AGENCIA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL META

**MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL
PRADO EN LA VEREDA CONTADERO EN EL MUNICIPIO DE
VILLAVICENCIO, META**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE
TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA
VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META**

**PRESENTADO POR:
JUAN CAMILO REY VARGAS
INGENIERO CIVIL, ESP. EN RECURSOS HÍDRICOS
CARGO: PROFESIONAL ESPECIALIZADO ÁREA HIDRÁULICA**

VILLAVICENCIO, JUNIO DE 2023

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

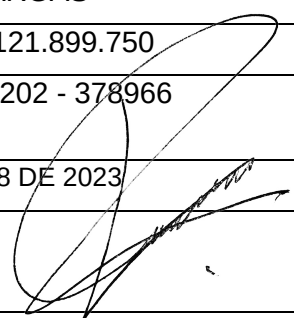
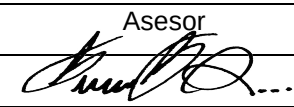
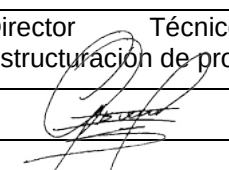
ELABORO	Nombre	JUAN CAMILO REY VARGAS
	Cedula	1.121.899.750
	Matricula Profesional	25202 - 378966
	N° de Contrato	048 DE 2023
	Firma	
VERIFICÓ	Nombre	FERNANDO FAJARDO ALVAREZ
	Cedula	1.121.901.751
	Matricula Profesional	25202-357199 CND
	N° de Contrato	Asesor
	Firma	
VALIDÓ	Nombre	OSCAR FERNANDO BERMÚDEZ SALCEDO
	Cedula	1.122.646.978
	Matricula Profesional	A39252013-1122646978
	N° de Contrato	Director Técnico de Estructuración de proyectos
	Firma	



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 MARCO CONCEPTUAL	5
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3 ALCANCE.....	6
1.4 MARCO DE REFERENCIA LEGAL	6
1.4.1 Normas generales.....	6
1.4.2 Normas reglamentarias (específicas)	6
1.5 ANTECEDENTES.....	7
2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	8
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	8
2.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	8
2.2.1 Registro de visitas técnicas de campo	8
2.2.2 Registros hidro climatológicos IDEAM	9
2.2.3 Imágenes satelitales y herramientas SIG	10
2.2.4 Climatología general de la zona.....	12
2.2.5 Metodología utilizada	14
2.2.6 Curvas IDF.....	15
2.2.7 Parámetros de diseño	19
2.2.8 Caudal de diseño de las obras de drenaje vial, Q	24
2.3 ESTUDIOS HIDRAULICOS	25
2.3.1 Metodología utilizada	25
2.3.2 Diseño de estructuras hidráulicas	28
2.3.3 Resultados de modelación hidráulica.....	30
2.4 RECURSOS UTILIZADOS.....	32
3. CONCLUSIONES	33
4. RECOMENDACIONES	33
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	34
6. ANEXOS Y REGISTROS DE CALIDAD	34
7. CONTROL DE CAMBIOS	35
8. REGISTROS DE CALIDAD	35



INDICE DE IMAGENES

ILUSTRACIÓN 1 - LOCALIZACIÓN GENERAL; FUENTE, GOOGLE EARTH	8
ILUSTRACIÓN 2 - TUBERÍA DE 24" EN MAL ESTADO, FUENTE PROPIA.	9
ILUSTRACIÓN 3 - TUBERÍA DOBLE DE 24" CON PRESENCIA DE COLMATACIÓN Y MATERIAL VEGETAL; FUENTE, ELABORACIÓN PROPIA	9
ILUSTRACIÓN 4 - SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN AEROPUERTO VANGUARDIA (350335020); FUENTE, IDEAM	10
ILUSTRACIÓN 5 - REDES DE DRENAJE 1:100K; FUENTE, IGAC.....	11
ILUSTRACIÓN 6 - DEM; FUENTE, SATÉLITE ALOS PALSAR	11
ILUSTRACIÓN 7 - RÉGIMEN PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL ESTACIÓN AEROPUERTO VANGUARDIA; FUENTE, AUTOR	12
ILUSTRACIÓN 8 - NÚMERO DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ESTACIÓN AEROPUERTO VANGUARDIA; FUENTE, AUTOR	13
ILUSTRACIÓN 9 - PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS ESTACIÓN CALIME; FUENTE, AUTOR	14
ILUSTRACIÓN 10 - CURVAS IDF ESTACIÓN CALIME: FUENTE, AUTOR	18
ILUSTRACIÓN 11 - ÁREA DE DRENAJE PUNTO 1; FUENTE, AUTOR	21
ILUSTRACIÓN 12 - ÁREA DE DRENAJE PUNTO 2; FUENTE, AUTOR	22
ILUSTRACIÓN 13 - ÁREA DE DRENAJE PUNTO 3; FUENTE, AUTOR	22
ILUSTRACIÓN 14 - ESQUEMA DE ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA UNA ODT; FUENTE FHWA; 2012	28
ILUSTRACIÓN 15 - COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN EL PUNTO DONDE SE PROYECTA EL PONTÓN; FUENTE, AUTOR	29
ILUSTRACIÓN 16 - DATOS DE ENTRADA MODELO HY-8; FUENTE, AUTOR	29
ILUSTRACIÓN 17 - DATOS DE ENTRADA MODELO HY-8; FUENTE, AUTOR	30
ILUSTRACIÓN 18 - LÁMINA DE AGUA ESTIMADA CON PUENTE PROYECTADO; FUENTE, AUTOR	30
ILUSTRACIÓN 19 - PERFIL DE FLUJO; FUENTE, AUTOR	31
ILUSTRACIÓN 20 - PERFIL DE FLUJO; FUENTE, AUTOR	32

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 COORDENADAS DE PUNTOS DE ESTRUCTURAS A SER REEMPLAZADAS.	9
TABLA 2 - VALORES DE LOS COEFICIENTES A, B, C Y D PARA EL CÁLCULO DE LAS CURVAS	16
TABLA 3 - RESUMEN DE REGISTROS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN 24 HORAS; FUENTE, AUTOR	17
TABLA 4 - DATOS DE INTENSIDAD FRECUENCIA DURACIÓN ESTACIÓN AEROPUERTO GUARDIA; FUENTE, AUTOR	18
TABLA 5 - PERIODOS DE RETORNO DE DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE VIAL; FUENTE, MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS	19
TABLA 6 - PERIODO DE RETORNO ODT	19
TABLA 7 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS CUENCAS; FUENTE, AUTOR	20
TABLA 8 - TIEMPO DE CONCENTRACIÓN; FUENTE, AUTOR	21
TABLA 9- DURACIÓN DE LLUVIA PARA DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS	21
TABLA 10 - COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD; FUENTE, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS	23
TABLA 11 - COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS; FUENTE, AUTOR	23
TABLA 12 - CAUDALES DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS PROYECTADAS	24
TABLA 13 - DIMENSIONES PROPUESTAS PARA LAS ESTRUCTURAS	28
TABLA 14 - PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO DE BOX CULVERT; FUENTE, AUTOR	31
TABLA 15 - PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO DE BOX CULVERT; FUENTE, AUTOR	32

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO CONCEPTUAL

Dado que las carreteras cruzan en innumerables oportunidades, canales de drenaje natural, canales artificiales, zonas de alto nivel freático o puntos de escorrentía superficial, se deben proyectar y construir obras apropiadas para tales drenajes, cuando el objetivo es la construcción o mejoramiento de una vía.

Se define pues que las obras de drenaje vial es un sistema de canalización superficial destinado a recoger y evacuar la calzada de una vía, en el menor tiempo posible.

Los drenajes longitudinales de las vías se realizan mediante canales marginales o las denominadas cunetas. Estas estructuras de drenaje vial consisten básicamente en un canal cuya sección intercepta y conduce el flujo de aguas pluviales que por escorrentía son aferentes a la vía y una franja anexa.

Los drenajes transversales de las carreteras se realizan mediante alcantarillas, puentes, box, o caídas. Con frecuencia las estructuras de paso como alcantarillas o box tienen luces relativamente pequeñas (menores a 6 m), y su tablero no forma parte de la superficie de la vía como en el caso de un puente.

El diseño de las obras de drenaje depende del caudal a evacuar según el área del tramo de vía aferente al punto bajo de drenaje, esta capacidad de conducción depende de la longitud, rugosidad, sección, y pendiente.

1.2 OBJETIVOS

1. Realizar las visitas de campo para la identificación de las características de la vía, ubicación de obras existentes, posibles puntos de manejo especial, tipo de estructuras, climatología general de la zona, tipo de cuerpos hídricos, entre otros.
2. Realizar una descripción de la variabilidad de los principales parámetros climatológicos sobre el área de estudio.
3. Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de la lluvia del municipio, teniendo en cuenta que la lluvia es uno de los principales factores que interactúan con la infraestructura vial.
4. Elaboración de curvas IDF que muestren la relación entre las variables duración de la lluvia, la cantidad de la lluvia y la frecuencia con la que esta ocurre, de manera que pueda evaluarse a cierto periodo de años acorde con el tipo de evento la magnitud de los caudales de escorrentía incidentes en los puntos de los tramos viales.
5. Determinación de parámetros de diseño, áreas, coeficientes de cobertura, periodos de retorno, intensidad de lluvia y caudales de diseño de las obras.
6. Delimitar las áreas aferentes a las estructuras de drenaje vial.
7. Calcular los caudales de diseño de cada estructura de drenaje, al periodo de retorno de diseño.

8. Diseñar los tipos de estructura de acuerdo con su capacidad hidráulica para el caudal de diseño.
9. Verificación de la capacidad hidráulica de Alcantarillas Circular y Box Culvert, definiendo dimensionamiento de secciones, pendiente, longitud entre otras. Lo anterior, verificando que estas garanticen la capacidad de conducción suficiente.

1.3 ALCANCE

En el presente informe se plasma el desarrollo de tipo técnico, como consideraciones, conceptos, metodologías y cálculos, para el diseño de las estructuras de drenaje vial como Box Culvert y Alcantarillas Circulares, dentro del alcance de la asesoría como **PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES ESPECIALIZADOS PARA APOYAR A LA DIRECCIÓN TÉCNICA DE ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS EN EL ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA A TRAVÉS DE LA INICIATIVA ALIANZAS CON LA GENTE EN EL DEPARTAMENTO DEL META**, dentro del proyecto **MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META**. El estudio corresponde al **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META**; se realiza el estudio hidrológico en el cual permitirá definir los caudales de diseño de las obras de drenaje, y el estudio hidráulico con el cual se determina la capacidad de conducción de las obras.

1.4 MARCO DE REFERENCIA LEGAL

1.4.1 Normas generales

Las normas, reglamentos o manuales relacionados con los estudios hidrológicos e hidráulicos para diseño vial, son los expedidos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

1.4.2 Normas reglamentarias (específicas)

1. Manual de drenaje para carreteras, 2009.
2. Manual de mantenimiento de carreteras V1 y V2, 2016.
3. Guía de diseño de pavimentos con Placa-huella, 2015.
4. Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje, 2006.

1.5 ANTECEDENTES

La vía objeto de estudio cuenta con estudios técnicos oficiales previos, relacionados con topografías, suelos, diseño de alineamientos geométricos, diseño de pavimentos.

Este corredor está conformado en material, actualmente hay dificultad en la comunicación entre las veredas del sector, debido a que la vía en buena parte de su tramo se encuentra en mal estado y con deficiente mantenimiento.

Algunos de los problemas que generan el deterioro son:

- Existen factores propios de topografía, suelos y climatológicos que hace que la vía en el estado actual no sea estable y de tránsito adecuado.
- Las vías presentan deterioro de la superficie de rodadura.
- No se han atendido los puntos críticos.
- Los pasos sobre caños o escorrentías ya se encuentran deteriorados y a punto de colapsar.

Estas situaciones anteriores generan los siguientes inconvenientes:

- Aumento de los tiempos de viaje.
- Baja comercialización de productos.
- Bajo desarrollo socioeconómico de la zona.
- Afectación al acceso oportuno a servicios médicos.
- Aumento de costos de transporte de carga y pasajeros.
- Accidentes de personas siendo transeúntes o en vehículos particulares o de carga.



2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Ilustración 1 - Localización general; Fuente, Google Earth

2.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.2.1 Registro de visitas técnicas de campo

Se realizó la visita técnica con el equipo de la Agencia para la Infraestructura del Meta (A.I.M) en el recorrido se encontraron estructuras de drenajes transversales tipo alcantarilla, las cuales se encuentran en mal estado, tanto como estructural como en mantenimiento general; se evidenció un alto grado de colmatación y residuos de origen vegetal. Esto obstruye el paso del flujo con normalidad lo cual podría generar eventos de inundación sobre el corredor.

Por tan motivo se realizará un estudio hidrológico para determinar un caudal de diseño y a continuación se llevará a cabo un análisis hidráulico para determinar una sección óptima y evitar inundaciones.



Ilustración 2 - Tubería de 24" en mal estado, Fuente propia.



Ilustración 3 - Tubería doble de 24" con presencia de colmatación y material vegetal; Fuente, Elaboración propia

A continuacion se relacionan los puntos donde deberan seran reemplazados las estructuras encontradas en la visita tecnica realizada por el personal de AIM.

Tabla 1 Coordenadas de puntos de estructuras a ser reemplazadas.

ID	Estructura	Coordenadas MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá zone	
		X	Y
1	Pontón	1046999.49	952185.561
2	Alcantarilla	1047096.11	952359.779
3	Alcantarilla	1047083.33	952396.902

2.2.2 Registros hidro climatológicos IDEAM

Para todo el análisis hidro climatológico se consultó la entidad oficial IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales), se identificó la estación **Aeropuerto Vanguardia (35335020)** como la que mayor incidencia en el sector de estudio tiene, verificando que esta contara con el periodo de registros mínimo y con la variable requerida, de manera que fuera una estación aplicable al proyecto.

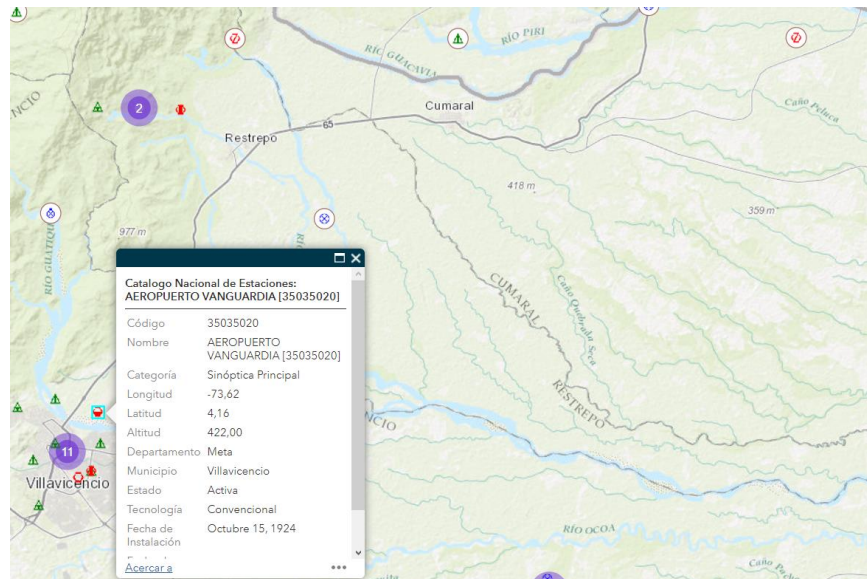


Ilustración 4 - Selección de la estación Aeropuerto Vanguardia (35035020); Fuente, IDEAM

2.2.3 Imágenes satelitales y herramientas SIG

Para la definición de información como localización, áreas, coberturas, alineamiento, correspondiente al sector del proyecto es necesario obtener la ubicación correspondiente de la zona y así delimitar el área a la cual se le debe realizar el presente estudio. Se llevo a cabo una recolección de información cartográfica y espacial y posteriormente fue analizada mediante herramientas SIG.

Una vez analizados los DEM del sector, y usando la base cartográfica del IGAC en formato shapefile, se realiza la identificación de la red de drenaje, ubicación de cada punto identificado anteriormente, y así hacer la delimitación de las áreas aferentes de cuenca de los cuerpos de agua, trayectoria de cauces, y posteriormente que esto sea la base para el cálculo de las características morfométricas para los cursos de agua, y delimitación de las áreas aferentes para las estructuras.

Se presentan a continuación varias de las imágenes consultadas y usadas para referencia y toma de información para el desarrollo del estudio.



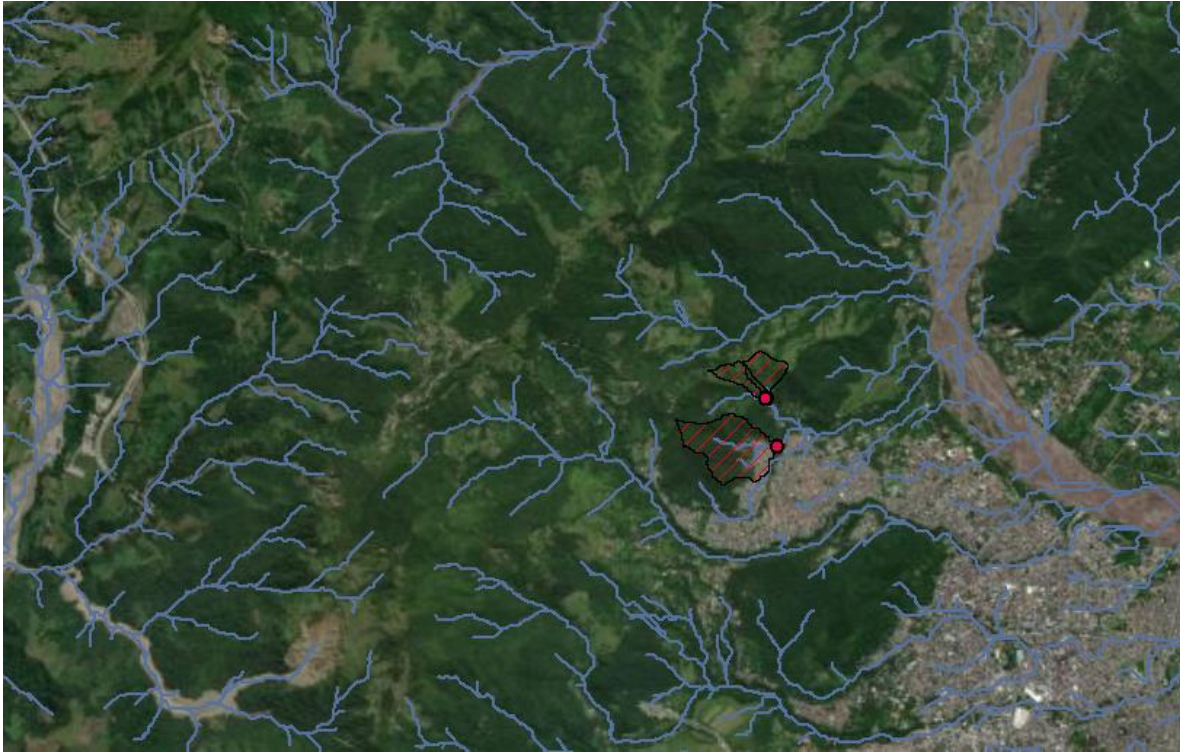


Ilustración 5 - Redes de drenaje 1:100K; Fuente, IGAC

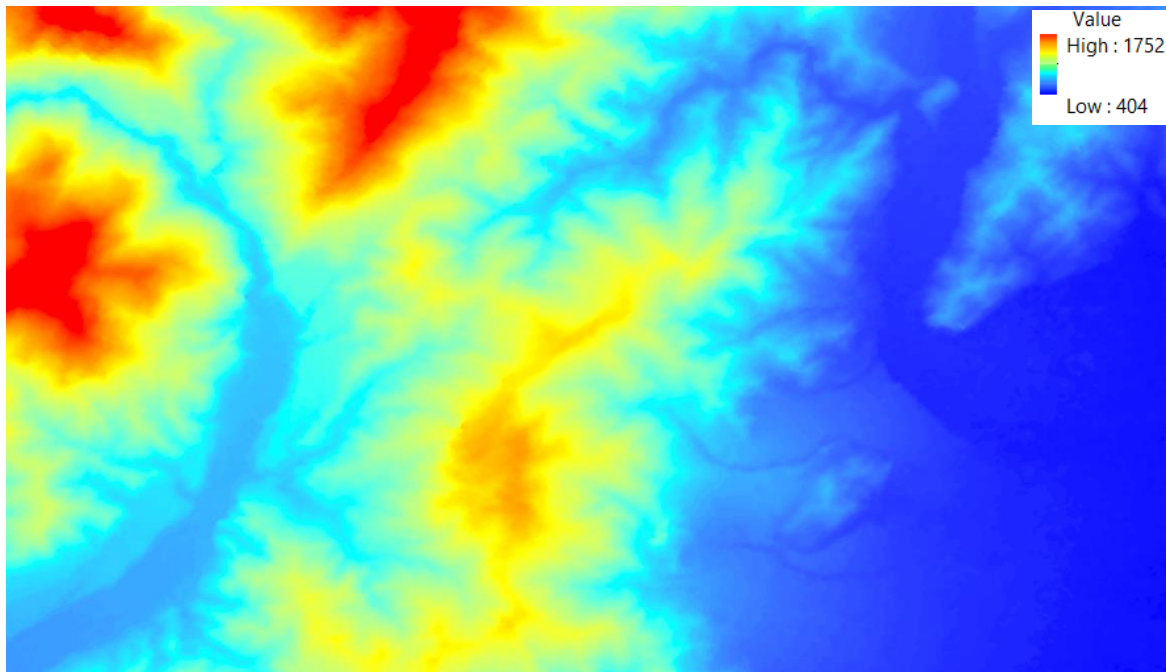


Ilustración 6 - DEM; Fuente, Satélite ALOS PALSAR



DEPARTAMENTO DEL META

2.2.4 Climatología general de la zona

Se caracteriza el régimen anual de diferentes parámetros climáticos, pluviométricos e hidrométricos, con base en la estación de medición recopilada. Los análisis que se realizan buscan mostrar el comportamiento de cada uno de los parámetros en los diferentes meses del año, identificando patrones y tendencias características de cada uno.

2.2.4.1 Precipitación total mensual

En la ilustración 9 se presenta el comportamiento en el régimen de precipitación total mensual, el cual es de tipo monomodal, con máximos entre abril y agosto, y con valores mínimos entre diciembre, enero y febrero. De esta manera, la precipitación presenta valores promedio entre 61mm (enero) y 613.48mm (mayo), con un promedio total anual de 4345.93mm. En condiciones mínimas históricas de precipitación, hubo casos de total ausencia de lluvia en el mes de enero. Mientras que los registros máximos se han presentado en el mes de abril con valores de hasta 964.10mm.

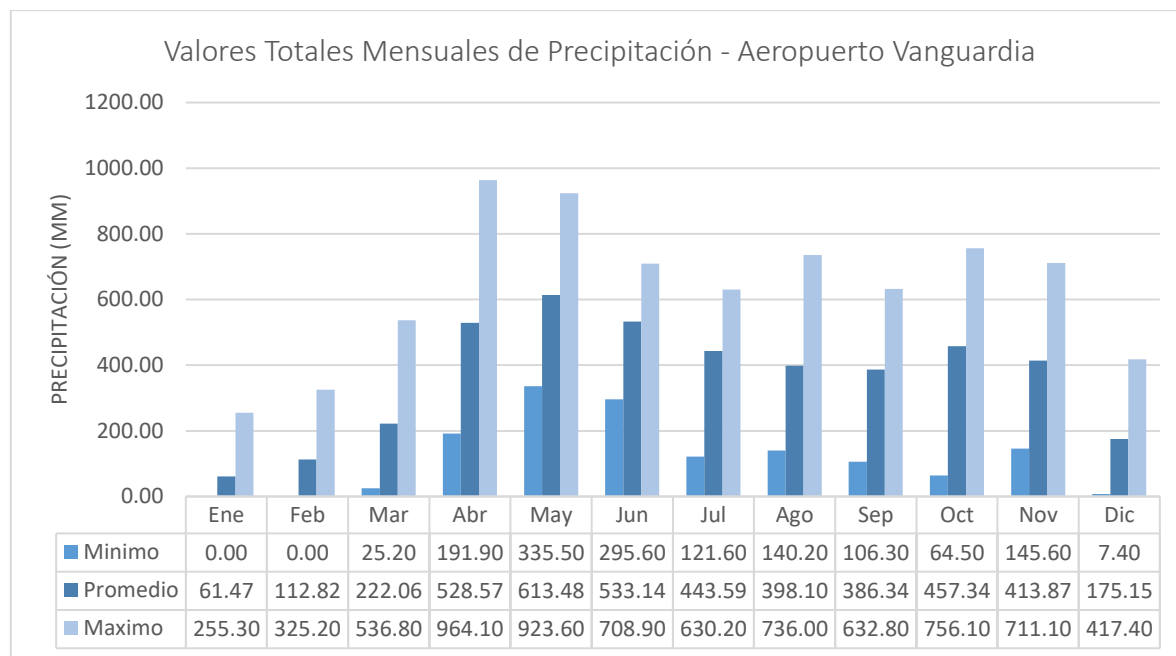


Ilustración 7 - régimen precipitación total mensual estación Aeropuerto Vanguardia; Fuente, Autor

2.2.4.2 Número de días de precipitación

El número de días de precipitación representa la cantidad de días en el mes en los que ocurrió por lo menos un evento de precipitación, con una magnitud mayor a 1mm. Con base en la Ilustración 10 se evidencia que este parámetro presenta un régimen monomodal, con el mayor número de días ocurriendo entre abril y septiembre; y el menor número de días entre diciembre y febrero, los valores promedio se dan entre 7 y 31 días a lo largo del año, con un valor medio anual de 234 días con precipitación. En valores mínimos históricos de este parámetro, se observa que la menor cantidad de números de días con precipitación es de cero días en el mes de enero, mientras que los máximos son de hasta 31 días en el mes de mayo.

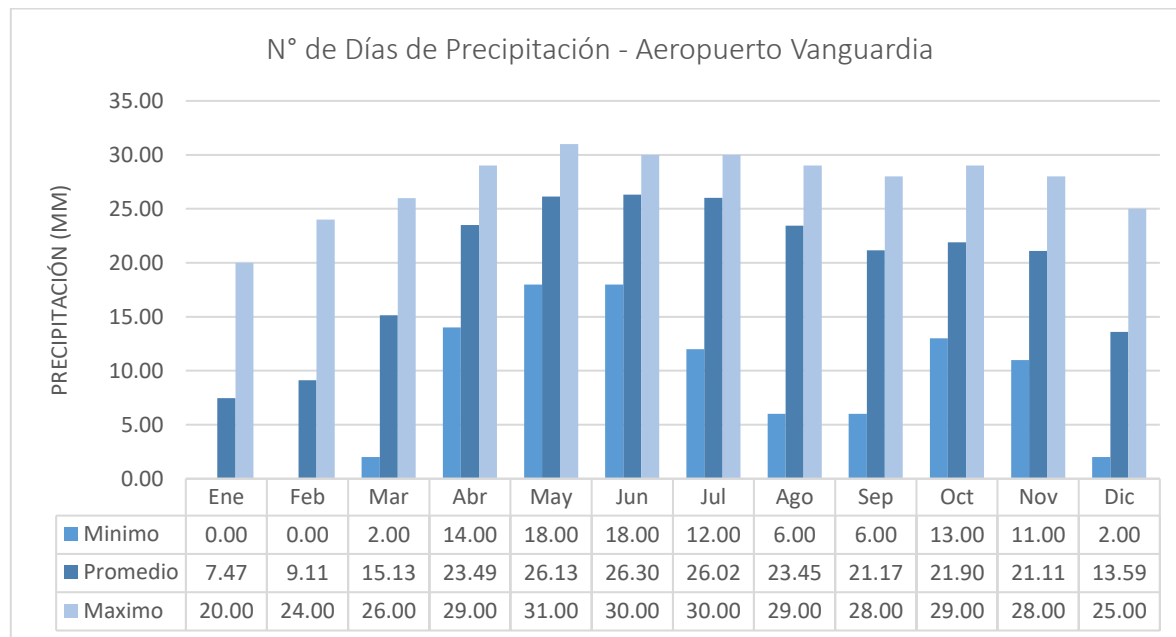


Ilustración 8 - Número de días de precipitación mensual estación Aeropuerto Vanguardia; Fuente, Autor

2.2.4.3 Precipitación máxima en 24 horas

La precipitación máxima en 24 horas representa la mayor cantidad de agua que ocurre por lluvia durante 24 horas consecutivas en un mes. Este parámetro es de gran importancia hidrológica, pues comúnmente se emplea para estimar los caudales máximos que se producen por lluvias intensas en una cuenca. De esta manera se caracteriza el régimen de precipitación máxima en 24 horas con base en la estación **Aeropuerto Vanguardia**, el cual se muestra en la Ilustración 11.

Los datos analizados presentan un régimen monomodal, lo cual es coherente con lo analizado para los datos de precipitación total mensual y el número de días de precipitación.

Como se observa en la ilustración, los valores promedio más altos se presentan en los meses de abril a noviembre, con magnitudes del orden de 85.21mm. Los meses que presentan los menores valores son entre diciembre y febrero, que corresponden al período más seco del año, con valores entre 2 y 0mm. Como valor anual promedio se registra 73.16mm de precipitación máxima en 24 horas. Se resaltan máximos históricos de hasta 230mm registrados para el mes de mayo.

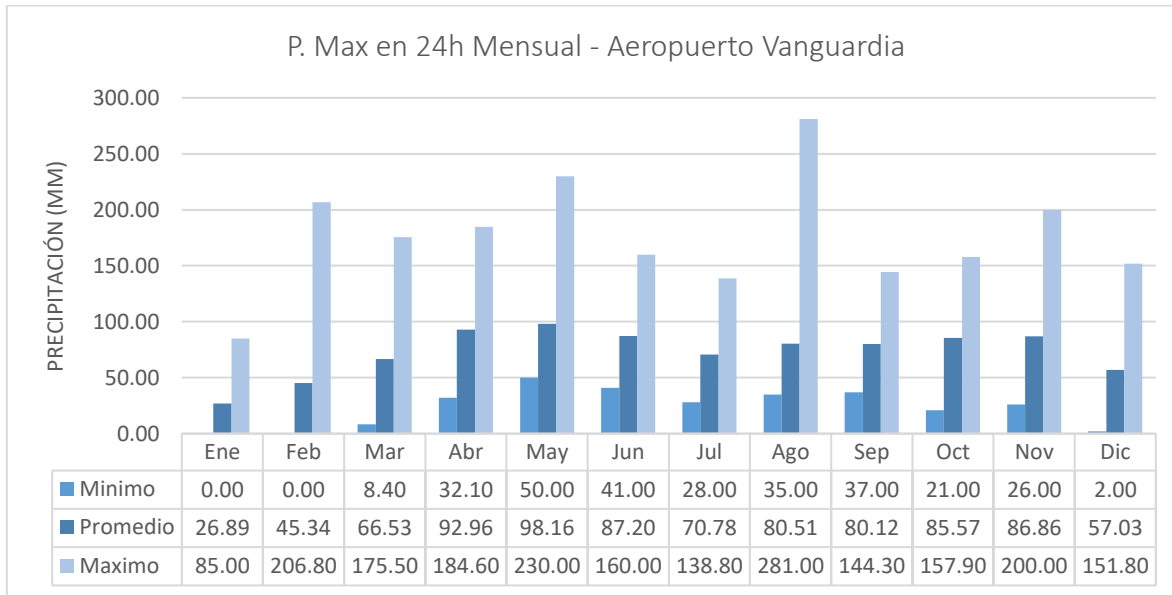


Ilustración 9 – Precipitación máxima en 24 horas estación Calime; Fuente, Autor

2.2.5 Metodología utilizada

Para la estimación de los caudales de obras de drenaje vial existen diversos procedimientos de cálculo, sin que ninguno de ellos se adopte unánimemente, a su vez por la aplicabilidad que cada uno de ellos tiene en condiciones particulares.

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

- Intensidad de la precipitación
- Duración del evento de lluvia
- Ocurrencia del evento
- Topografía
- Suelos
- Geomorfológicos
- Cobertura vegetal

Uno de los métodos utilizados es la ecuación del MÉTODO RACIONAL, dicho método a pesar de presentar la estimación del caudal como una relación lineal con el área aferente, es uno de los métodos más aplicados en drenaje de áreas de drenaje de vías.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

donde:

Q: caudal de diseño (máximo esperado) (m3/s)

C: coeficiente de escorrentía del área

i: intensidad de la lluvia (mm/h)

A: área de drenaje (ha)

2.2.6 Curvas IDF

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. Es necesario verificar la existencia de curvas IDF para la localidad. Si no existen, es necesario obtenerlas a partir de información existente de lluvias con información Pluviográfica de estaciones ubicadas próximas a la localidad.

La generación de las curvas intensidad-duración-frecuencia, permite evaluar las intensidades asociadas a un fenómeno de precipitación, para un periodo de retorno dado. De esta forma, se puede calcular el caudal de escorrentía asociado a un fenómeno de precipitación con un periodo de retorno adecuado para el dimensionamiento de una estructura.

El grado de proyección de las estructuras está condicionado por los riesgos que se tienen en cuenta mediante los análisis hidrológicos en los que se evalúan eventos que pueden llegar a ocurrir en un determinado tiempo o la frecuencia con la que estos pueden ocurrir.

Uno de los primeros pasos que se sigue en diversos proyectos es el análisis hidrológico, para el diseño de drenaje, se determina el evento o los eventos de lluvia que deben usarse para tal diseño. Para ello se utiliza una tormenta de diseño o un evento que involucra la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia o periodos de retorno apropiados para el proyecto y el lugar. Dicha relación se resume en las denominadas curvas IDF para cada lugar.

Esta intensidad se define en función del periodo de retorno del evento y la duración de una tormenta.

Para la elaboración de las curvas IDF se emplea la metodología del Método Simplificado, presentado en el Manual de Drenaje de Carreteras del Invia del cual se extrae su procedimiento.

Para Colombia se propone el método que se presenta VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M., Universidad de los Andes, “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia”, Santafé de Bogotá, 1998. En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

La expresión resultante está dada por:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Dónde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h.

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados

Tabla 2 - Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas Intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia (Fuente tabla. 2.12 MDPC).

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

2.2.6.1 Curvas IDF estación Aeropuerto Vanguardia

Para las curvas IDF se tomaron registro IDEAM de 33 años consecutivos, desde el año 1964 hasta 2016, teniendo en cuenta que estos años eran correspondientes a años completos de las estaciones comparadas.

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN - AEROPUERTO VANGUARDIA															
Totales	Ene 31	Feb 60	Mar 91	Abr 121	May 152	Jun 182	Jul 213	Ago 244	Sep 274	Oct 305	Nov 335	Dic 366	Vr Pro Anual	Vr Min Anual	Vr Max Anual
1964	0.00	79.00	15.00	65.00	80.00	96.00	28.00	51.00	66.00	50.00	90.00	25.00	53.75	0.00	96.00
1965	40.00	16.00	60.00	50.00	75.00	70.00	49.00	78.00	70.00	85.00	72.00	30.50	57.96	16.00	85.00
1966	55.00	20.00	56.00	72.00	62.00	65.00	45.00	141.00	64.00	97.00	59.00	61.00	66.42	20.00	141.00
1967	43.25	30.75	51.25	145.00	116.00	81.00	72.00	52.00	37.00	58.00	60.00	25.00	64.27	25.00	145.00
1968	20.00	35.00	16.00	130.00	65.00	101.00	65.00	55.00	103.00	90.00	200.00	11.00	74.25	11.00	200.00
1969	58.00	52.00	73.00	95.00	90.00	70.00	120.00	70.00	47.00	104.00	55.00	2.00	69.67	2.00	120.00
1970	38.00	40.00	48.00	77.00	50.00	97.00	63.00	82.00	47.00	21.00	91.75	48.00	58.56	21.00	97.00
1971	23.00	60.00	52.00	81.00	54.00	61.00	53.00	56.00	43.00	55.00	54.00	12.00	50.33	12.00	81.00
1972	37.00	50.00	80.00	95.00	100.00	90.10	61.00	281.00	84.00	74.60	58.00	40.00	87.56	37.00	281.00
1973	0.00	0.00	35.00	171.00	230.00	90.50	68.00	140.00	78.00	118.00	63.00	50.00	86.96	0.00	230.00
1974	15.00	57.00	34.00	99.70	56.00	87.00	75.13	53.30	62.00	50.00	26.00	14.50	52.47	14.50	99.70
1975	16.00	45.00	130.00	50.00	142.00	88.00	79.00	38.50	70.30	57.60	79.40	32.20	69.00	16.00	142.00
1976	2.20	25.80	39.50	97.70	56.90	81.00	92.50	97.80	64.60	130.90	158.40	77.40	77.06	2.20	158.40
1977	0.00	24.10	131.30	32.10	77.30	104.30	57.10	83.10	129.80	77.50	81.30	18.00	67.99	0.00	131.30
1978	20.40	62.20	90.50	103.90	112.00	51.20	95.50	100.60	118.30	86.80	87.40	97.90	85.56	20.40	118.30
1979	23.50	2.40	77.60	108.50	64.30	154.50	38.20	54.10	39.30	80.00	96.33	59.30	66.50	2.40	154.50
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	91.78	38.00	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	85.03	25.30	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	66.12	9.20	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	80.66	40.50	130.60
1984	52.20	119.70	53.90	75.90	78.10	66.30	60.80	86.30	112.10	90.80	43.10	29.10	72.36	29.10	119.70
1985	1.00	9.60	50.40	88.70	115.30	148.30	49.20	62.60	108.20	73.30	63.20	23.00	66.07	1.00	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	69.38	15.00	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	68.61	26.20	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	62.66	1.00	103.50
1989	27.90	86.00	31.80	59.10	51.40	75.70	45.20	61.10	79.60	157.90	115.60	64.80	71.34	27.90	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	86.50	82.18	23.10	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	80.40	18.80	175.50
1992	49.20	17.60	66.30	96.50	84.20	110.30	75.70	55.20	86.80	85.20	60.40	69.10	71.38	17.60	110.30
1993	35.80	39.00	76.60	95.00	57.80	60.50	131.20	103.60	83.40	81.70	73.90	77.10	76.30	35.80	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	79.94	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	81.88	9.60	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	86.43	8.20	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	75.63	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	91.08	19.20	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	74.14	15.30	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	59.82	21.30	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	72.29	10.40	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	82.20	2.70	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	68.23	0.40	120.10
2004	40.70	106.10	39.40	77.40	110.00	118.20	68.90	59.50	114.60	76.20	69.20	86.20	80.53	39.40	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	87.30	43.90	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	78.68	22.10	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	66.90	69.77	5.90	132.70
2008	32.70	4.70	8.40	184.60	86.60	88.50	82.10	89.60	73.10	92.80	63.80	72.40	73.28	4.70	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	73.67	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	77.21	0.10	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	80.09	35.70	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	70.29	18.70	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	62.40	0.30	115.20
2014	13.20	87.50	73.70	79.20	114.50	123.80	57.30	42.90	45.20	49.40	137.70	90.80	76.27	13.20	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	65.51	12.40	106.20
2016	1.00	15.10	89.00	160.80	87.80	41.00	94.30	131.80	65.50	75.78	96.50	82.73	78.44	1.00	160.80

Tabla 3 – Resumen de registros de precipitación máxima mensual en 24 Horas; Fuente, Autor

Tabla 4 - Datos de intensidad frecuencia duración estación Aeropuerto Guardia; Fuente, Autor

Duración en minutos	Curva Intensidad - Duración - Frecuencia Vargas-Díaz-Granados					
	2	5	10	20	50	100
5	238.11	278.25	313.04	352.19	411.56	463.02
10	153.86	179.80	202.28	227.58	265.94	299.20
15	119.18	139.26	156.68	176.28	205.99	231.75
20	99.42	116.18	130.71	147.06	171.84	193.33
25	86.38	100.94	113.57	127.77	149.31	167.98
30	77.01	89.99	101.24	113.91	133.10	149.75
35	69.88	81.66	91.87	103.36	120.79	135.89
40	64.24	75.07	84.46	95.02	111.04	124.93
45	59.65	69.70	78.42	88.23	103.10	115.99
50	55.82	65.23	73.38	82.56	96.48	108.54
55	52.57	61.43	69.11	77.75	90.86	102.22
60	49.76	58.15	65.42	73.60	86.01	96.77
65	47.31	55.29	62.20	69.98	81.78	92.01
70	45.16	52.77	59.37	66.79	78.05	87.81
75	43.24	50.52	56.84	63.95	74.73	84.07
80	41.51	48.51	54.58	61.40	71.75	80.72
85	39.96	46.69	52.53	59.10	69.06	77.70
90	38.54	45.04	50.67	57.01	66.62	74.95
95	37.25	43.53	48.98	55.10	64.39	72.44
100	36.07	42.15	47.42	53.35	62.34	70.14
105	34.98	40.87	45.98	51.73	60.45	68.02
110	33.97	39.69	44.66	50.24	58.71	66.05
115	33.03	38.60	43.42	48.85	57.09	64.23
120	32.15	37.57	42.27	47.56	55.58	62.53
125	31.34	36.62	41.20	46.35	54.17	60.94
130	30.57	35.73	40.19	45.22	52.84	59.45
135	29.86	34.89	39.25	44.16	51.60	58.06
140	29.18	34.10	38.36	43.16	50.43	56.74
145	28.54	33.35	37.52	42.22	49.33	55.50
150	27.94	32.65	36.73	41.32	48.29	54.33
155	27.37	31.98	35.98	40.48	47.30	53.22
160	26.82	31.35	35.27	39.68	46.36	52.16
165	26.31	30.74	34.59	38.91	45.47	51.16
170	25.82	30.17	33.94	38.19	44.63	50.21
175	25.35	29.63	33.33	37.50	43.82	49.30
180	24.91	29.10	32.74	36.84	43.05	48.43

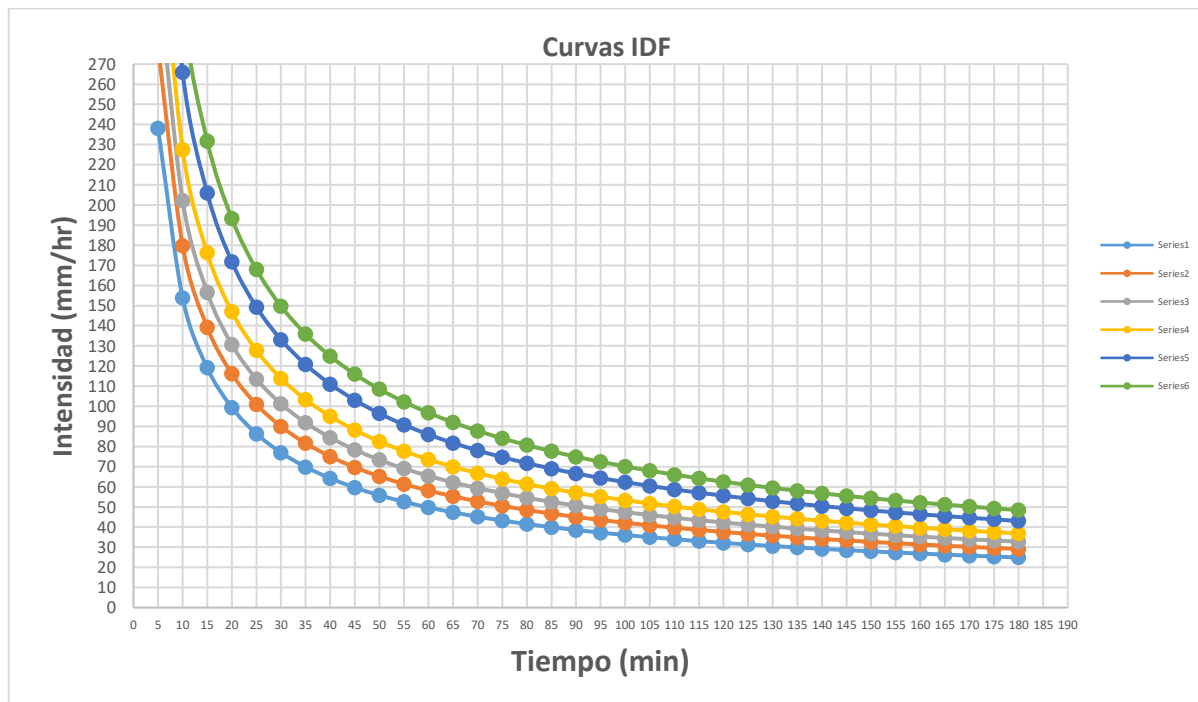


Ilustración 10 - Curvas IDF estación Calime: Fuente, Autor

2.2.7 Parámetros de diseño

Algunas recomendaciones para establecer el periodo de diseño de algunas estructuras para el cual deberá calcularse los caudales de diseño se dan en la siguiente tabla, de acuerdo con estructuras de drenaje vial.

De acuerdo con el Manual de Drenaje de Carreteras, Pag. 2-31. Se define el periodo de retorno, para estimación del caudal para diseño hidráulico de los Box Culvert y alcantarillas circulares.

Tabla 5 - Periodos de retorno de diseño de obras de drenaje vial; Fuente, Manual de drenaje para carreteras

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

De esta manera se definieron los periodos de retorno para las estructuras nuevas que se diseñaran en los puntos descritos anteriormente.

Tabla 6 - Periodo de Retorno ODT

Nº ODT	Punto de Atención	Tipo de Obra Para Proyectar	Periodo de Retorno (Años)
1	Cuenca 1	Pontón	25
2	Cuenca 2	Circular	10
3	Cuenca 3	Circular	10

2.2.7.1 Duración de la lluvia, d (tiempo de concentración)

Se define como duración de la lluvia de diseño un valor similar al tiempo de concentración, este será particular para cada estructura según su área aferente. Se tomará como duración mínima 10 min.

El tiempo de concentración de una cuenca se define como el tiempo que emplea una gota de lluvia que cae en el punto más alejado de la cuenca en la divisoria de aguas para llegar a la salida de esta. Para su cálculo se han derivado varias ecuaciones, en base a mediciones en cuencas instrumentadas. Una de ellas es la ecuación de Kirpich (1940), la cual relaciona el tiempo de concentración de una cuenca con la longitud de su canal de desagüe y la pendiente de este:

$$t_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

donde:

- tc: Tiempo de concentración (h)
L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida de la cuenca (m)
S: Pendiente promedio de la cuenca (-)

Para dos cuerpos de agua se definieron los parámetros morfométricos entre los que está el tiempo de concentración, de la siguiente manera:

Tabla 7 Características morfológicas de las cuencas; Fuente, Autor

Descripción		Características de la Cuenca			Morfometría			
Nº	Nombre	Area (Km2)	Perimetro (Km)	Long C.P. (Km)	Coeficiente de compacidad		Factor de forma de Horton	
1	Cuenca 1	0.332	2.63	1.00	1.29	Oval - Redondeada a oval oblonga	0.33	Ligeramente alargada
2	Cuenca 2	0.075	1.29	0.42	1.33	Oval - Redondeada a oval oblonga	0.42	Ni Alargada ni ensanchada
3	Cuenca 3	0.054	1.34	0.58	1.63	Oval - Oblonga a rectangular - oblonga	0.16	Muy alargada



Tabla 8 - Tiempo de concentración; Fuente, Autor

Descripción		Características de la cuenca			Tiempo de concentración							
					Kirpich		Temez		Ventura-Heras		Promedio	
N°	Nombre	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Area (Km ²)	Hra	Min	Hra	Min	Hra	Min	Hra	Min
1	Cuenca 1	1.00	0.407	0.33	0.09	5.62	0.15	8.901	0.15	9.0	0.13	7.84
2	Cuenca 2	0.42	0.344	0.08	0.05	3.09	0.08	4.773	0.08	4.9	0.07	4.24
3	Cuenca 3	0.58	0.356	0.05	0.06	3.89	0.10	6.034	0.10	6.1	0.09	5.35

Para las estructuras que corresponden a paso transversal de flujo se asume como tiempo de concentración para una duración mínima de lluvia de 10 min. Dado que obedece más a un área o franja muy propia de la vía en la cual el flujo hace paso transversal.

Tabla 9- Duración de lluvia para diseño de las estructuras

N° ODT	Punto de Atención	Tipo de Obra Para Proyectar	Tiempo de Concentración Tc(min)	Duración de Lluvia Asumido d(min)
1	Cuenca 1	Pontón	7.84	10
2	Cuenca 2	Circular	4.24	10
3	Cuenca 3	Circular	5.35	10

2.2.7.2 Áreas aferentes de drenaje, A

Para determinar las áreas de drena se usó un modelo digital del terreno (MDT o DEM por sus siglas en ingles Digital Elevation Modeling) con resolución de pixel de 12.5 x 12.5 del satélite ALOS PALSAR; el geoprocresamiento de este MDT se llevó a cabo a través de un software tipo GIS.

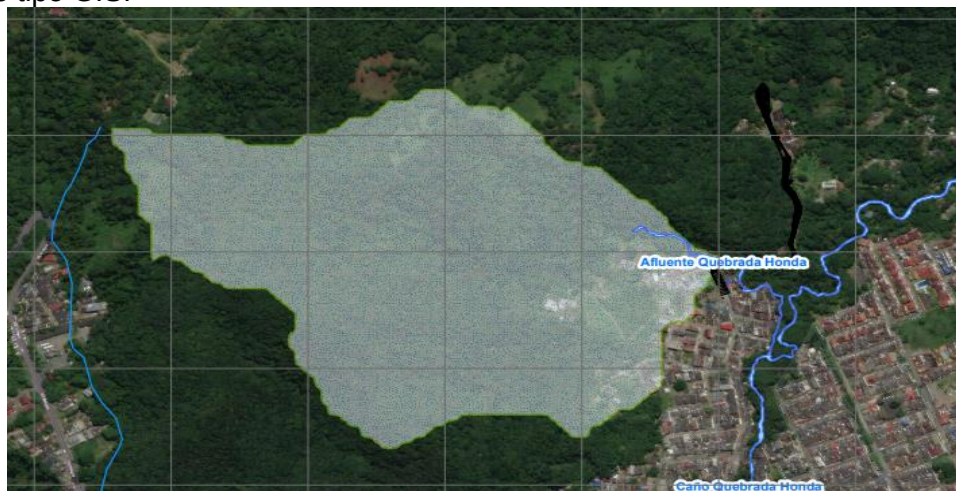


Ilustración 11 - Área de drenaje punto 1; Fuente, Autor

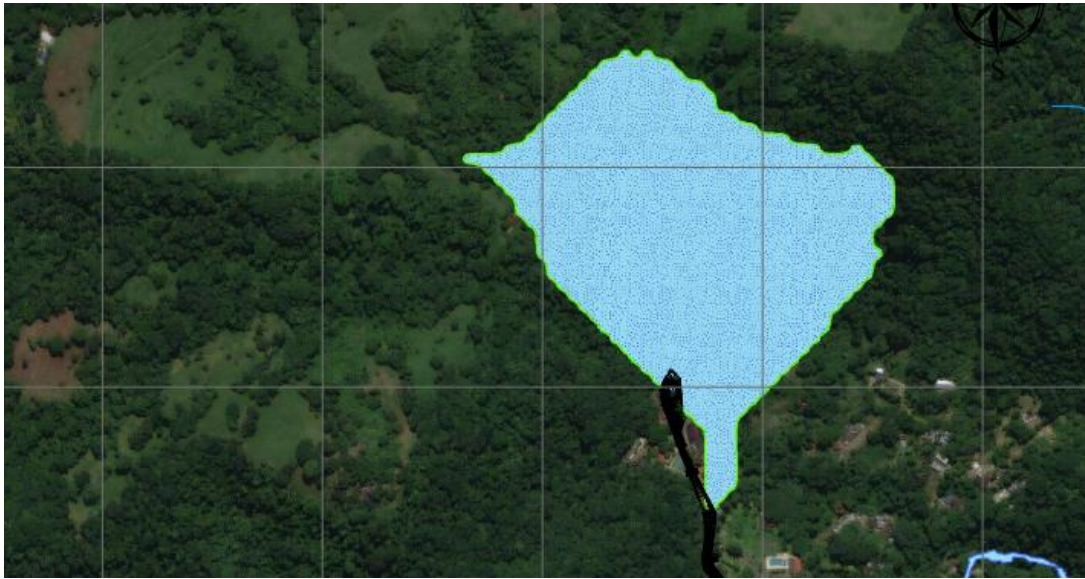


Ilustración 12 - Área de drenaje punto 2; Fuente, Autor



Ilustración 13 - Área de drenaje punto 3; Fuente, Autor

2.2.7.3 Coeficiente de escorrentía

Como el área menor que 2.5 km², donde se aplique el método directo de ecuación racional, se determina un valor puntual de coeficiente de escorrentía, *C*.



Tabla 10 - Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad; Fuente, Manual de drenaje de carreteras

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	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 los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

De acuerdo con las características fisiográficas del sector, la cobertura de las áreas aferentes a la vía se caracteriza principalmente por áreas naturales de zonas de cobertura boscosa. La pendiente promedio de esta zona se considera esta entre 20% y 40%.

Se tendrá como coeficiente de escorrentía general, $C=0.50$.

Tabla 11 – Coeficiente de escorrentía para diseño de las estructuras; Fuente, Autor

Nº ODT	Punto de Atención	Tipo de Obra Para Proyectar	Coeficiente de Escorrentía C
1	Cuenca 1	Pontón	0.50
2	Cuenca 2	Circular	0.50
3	Cuenca 3	Circular	0.50

2.2.7.4 Intensidad de la lluvia, I

Esta intensidad se define en función del periodo de retorno del evento y la duración de una tormenta.

Para poder determinar los parámetros de diseño de la obra, es necesario analizar datos hidrológicos que son fundamentalmente de dos tipos: escurrimientos y precipitaciones. Un análisis del primer tipo de datos tendrá como resultado directo un parámetro de diseño, que es el caudal máximo; mientras que el segundo proporcionaría datos con los cuales sería necesario alimentar un modelo de la relación lluvia-escurrimiento, para obtener una creciente de diseño. Para el diseño y dimensionamiento de estructuras de paso de aguas

como el que se estudia en este caso, es necesario realizar una estimación de aguas superficiales. Para el cálculo de las aguas superficiales se utiliza una relación directa con la intensidad de precipitación.

De acuerdo con las curvas IDF, para el periodo de retorno seleccionado, considerando las duraciones de lluvia, se definen las intensidades de lluvia.

Para estructuras con áreas menores que 2.5 km², donde se aplique el método directo de ecuación racional, se determina un *valor puntual de la intensidad de lluvia* de acuerdo con periodo de retorno y su duración

2.2.8 Caudal de diseño de las obras de drenaje vial, Q

Para estimar los caudales de diseño de las estructuras, se empleará el método de la ecuación Racional, la cual relaciona directamente la precipitación y la esorrentía.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

donde:

Q: caudal de diseño (máximo esperado) (m³/s)

C: coeficiente de esorrentía del área

i: intensidad de la lluvia (mm/h)

A: área de drenaje (ha)

Con base en el valor de coeficiente de esorrentía y la intensidad calculada, habiendo definido las áreas aferentes a cada estructura, se calculan los caudales de diseño de cada una de ellas.

Para las demás estructuras con áreas menores que 2.5 km², donde se aplique el método directo de ecuación racional, se determina el valor puntual del caudal, Q.

Se presenta así el siguiente cuadro con los parámetros de diseño y cálculo del caudal de diseño para cada una de las estructuras.

Tabla 12 – Caudales de diseño para estructuras proyectadas

Nº ODT	Punto de Atención	Tipo de Obra Para Proyectar	Área de Drenaje (Km ²)	Intensidad I (mm/h)	Coeficiente de Esorrentía C	Método Lluvia -Esorrentía	Caudal de diseño Qs (m ³ /s)	Caudal de diseño Qs (l/s)
1	Cuenca 1	Ponton	0.332	236.376	0.5	Racional	10.91	10911.52
2	Cuenca 2	Circular	0.075	202.281	0.5	Racional	2.12	2119.69
3	Cuenca 3	Circular	0.054	202.281	0.5	Racional	1.51	1510.87

2.3 ESTUDIOS HIDRAULICOS

Los culverts o alcantarillas son conductos cerrados que permiten transportar transversalmente el agua de aquellas corrientes que podrían ser interceptadas por los corredores viales y obstruirse en sus terraplenes de la banca de la vía u otro tipo de barrera, pueden funcionar a flujo lleno o parcialmente lleno como un canal a superficie libre, dependiendo de sus condiciones aguas arriba o aguas abajo del conducto o barril. (INVIAS, 2009).

Caracterizar el flujo en Culverts es parte fundamental del análisis hidráulico para la obras transversales de drenaje, para eso se cuenta con dos metodologías; la primera es la metodología de **Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras o FHWA por sus siglas en inglés)** la cual se basa en ecuaciones fundamentales que son controladas por características como lo son la geometría y area de la sección a la entrada o lo largo del conducto, la pendiente, el tamaño, el caudal, la rugosidad y los niveles de agua aguas arriba en la entrada; o aguas abajo de la descarga del conducto. Para agrupar y clasificar tipos de flujo, se utilizan los conceptos de control a la entrada y control a la salida haciendo referencia por una parte a la localización de la sección de control; y por otra a la capacidad de transporte que tiene la entrada y el conducto respectivamente.

La segunda metodología es la de **United States Geological Survey (Servicio Geológico de Estados Unidos o USGS por sus siglas en inglés)**, la cual utiliza un enfoque de diseño más analítico en el que establecen el régimen que va a ocurrir analizando las condiciones de frontera a partir de la deducción de la ecuación de energía y la sección de control de acuerdo con la clasificación de flujos establecida por bodhaine (French, 1988).

2.3.1 Metodología utilizada

Los puentes y pontones se analizarán con el programa Hec-Ras para analizar regímenes de flujo y velocidades en el sitio donde se proyecta la estructura.

El programa HEC-RAS fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center), para simular la hidráulica del flujo para canales de cualquier tipo de sección transversal, bajo flujo gradualmente variado, trabajando de acuerdo con la ecuación de Bernoulli:

En donde:

Z Nivel del fondo del canal aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, en m.

Cabeza de posición.

Y Lámina de agua aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, en m. Cabeza de presión.

V²/2g Cabeza de velocidad aguas arriba (1) y abajo del tramo (2), en m.

h Pérdidas de energía en el tramo, en m. Pérdidas por fricción y localizadas.



Las pérdidas por fricción se pueden expresar por medio de la ecuación de Manning:

En donde:

h_f Pérdidas por fricción, en m.

L Longitud del tramo entre el punto 1 y el punto 2, en m.

S_e Pendiente de la línea de energía aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo.

En donde:

n Coeficiente de rugosidad de Manning, definido en cada caso de acuerdo con la condición del cauce, apreciada por el Especialista Hidráulico.

V Velocidad promedio del agua, en m/s.

R Radio hidráulico, en m. Área hidráulica dividida entre el perímetro mojado.

Las pérdidas localizadas en un punto del canal se expresan mediante la siguiente ecuación:

En donde:

K : Coeficiente de pérdidas localizadas, adimensional.

V : Velocidad promedio aguas arriba (1) y aguas abajo (2) del punto, en m/s.

ABS : Valor absoluto del término.

Con el programa HEC-RAS también se pueden adelantar los análisis de socavación, teniendo en cuenta las recomendaciones de la publicación HEC No. 18, utilizando el módulo de "Hydraulic Desing - Bridge Scour". Sobre esta herramienta se comentará en el capítulo de los análisis de socavación.

Los boxculvert y alcantarillas en lo esencial constan de un cuerpo bajo el relleno de terraplén, con obras de protección a su entrada y salida. Dependiendo del terreno y de las condiciones de flujo, se construye en la salida un sistema de disipación de energía para proteger la estructura contra procesos erosivos.

Estas estructuras tienen diferentes condiciones de funcionamiento, la primera a flujo libre hasta cuando el nivel sumerge la entrada del conducto, posteriormente se comporta como un orificio de descarga, y finalmente como conducto a tubo lleno siendo flujo a presión.

Cuando el flujo entra al conducto, se genera un efecto de remanso, provocando un almacenamiento de agua por encima de la entrada de este.

El diseño hidráulico debe asegurar que estos niveles no sobrepasen nunca la rasante de la vía, manteniendo un borde libre adecuado según la escogencia de la sección correspondiente.

Lo anterior se contempla en las consideraciones de flujos en alcantarillas, que consiste en dos tipos:

- 1) Ecurrimiento con control de entrada.
- 2) Ecurrimiento con control de salida.

Los dos tipos de control de flujo son a la entrada o a la salida, basados en la localización de la sección de control. Por lo que, para la determinación de la sección de control y el tipo de control, cobra importancia la caracterización del régimen de flujo: Presión, subcrítico o supercrítico. “ La capacidad hidráulica de cada alcantarilla depende de una combinación de factores para cada tipo de control” Ilustración 2-1. (FHWA; 2012)

En el escurrimiento con control de entrada, el caudal que puede pasar por la alcantarilla, depende fundamentalmente de las condiciones de entrada a la misma. Es decir, depende de la sección transversal del conducto, de la geometría de la embocadura y de la profundidad del agua a la entrada o altura del remanso. En este tipo de escurrimiento no influyen las características del conducto mismo. En cambio, en el escurrimiento con control de salida debe agregarse a las anteriores el nivel del agua a la salida, la pendiente, longitud y rugosidad del conducto.

Para la condición de control a la entrada (flujo libre), debe tenerse en cuenta que el nivel de flujo a la entrada sea aproximadamente igual al diámetro de la tubería, dado que un nivel mayor indicara que el conducto pasa a control de salida (flujo a presión).

La ecuación para condición de control a la entrada (flujo libre) es la siguiente:

$$H = \left(\frac{Q}{B \cdot 0.9 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} g}} \right)^{\frac{1}{1.5}}$$

donde:

- H: Altura del nivel de flujo aguas arriba (m)
D: Altura del Box (m)
Q: Caudal (m³/s)

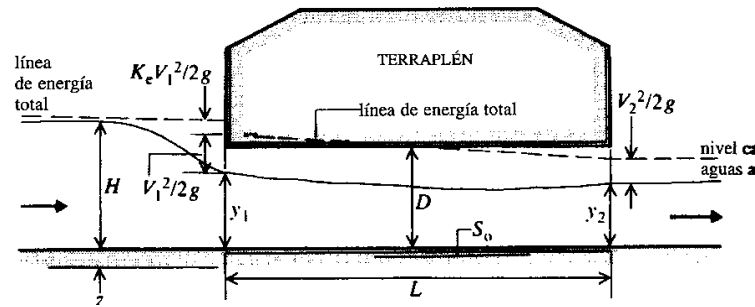


Ilustración 14 - Esquema de análisis hidráulico para una ODT; Fuente FHWA; 2012

Como herramienta de verificación se aplicará el programa **HY8** este programa permite evaluar el diseño de las alcantarillas, presentando mediante análisis hidráulicos el control a la salida y a la entrada, además simula el desbordamiento del flujo de agua sobre la vía, todo esto basado en los datos que alimentaran el programa asociado con los caudales, el descole, la vía y de la misma alcantarilla.

2.3.2 Diseño de estructuras hidráulicas

Para la revisión de la capacidad hidráulica de las estructuras, se verificará si sus dimensiones cumplen para evacuar el caudal aferente de cada estructura.

Para cada condición de estas, se realizará el análisis hidráulico con el que se obtiene el diseño de la sección (dimensiones) de acuerdo con la capacidad requerida.

Se presenta así, el cálculo de revisión hidráulica de las estructuras de acuerdo con las dimensiones de su sección y el caudal aferente de paso.

Tabla 13 - Dimensiones propuestas para las estructuras

Nº ODT	Punto de Atención	Tipo de Obra Para Proyectar	Caudal de diseño Q_s (m ³ /s)	Dimensiones (B(m) x H(m))
1	Cuenca 1	Pontón	10.91	Pontón de 7m de longitud y 2 metros de alto
2	Cuenca 2	Circular	2.12	36"
3	Cuenca 3	Circular	1.51	36"

Cuenca1 Pontón de 7m de longitud y 2 metros de alto con un caudal de 10.91 m³/s

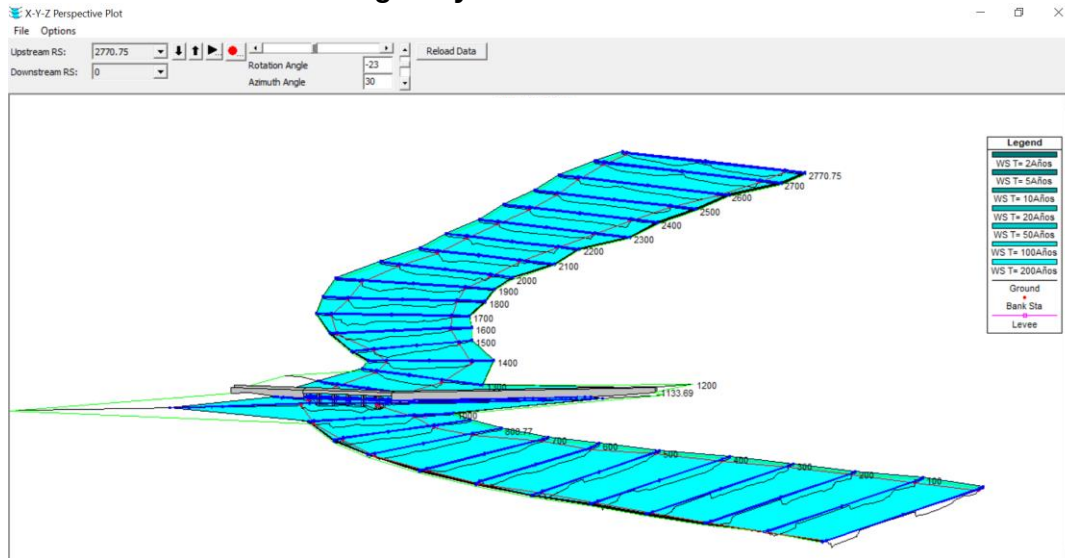


Ilustración 15 – comportamiento de flujo en el punto donde se proyecta el pontón; Fuente, Autor

Cuenca2 Alcantarilla Circular de 36” con un caudal de 2.12 m³/s

Crossing Data - Restrepo

Name: Restrepo

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.120	cms
Maximum Flow	2.200	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	1.000	m
Side Slope (H:V)	2.000	1:1
Channel Slope	0.0300	m/m
Manning's n (channel)	0.025	
Channel Invert Elevation	251.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.000	m
Crest Elevation	253.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	4.000	m

Culvert Properties

Cuenca2

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Cuenca2	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	914.400	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.016	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	251.000	m
Outlet Station	4.000	m
Outlet Elevation	250.900	m
Number of Barrels	1	

Help Click on any icon for help on a specific Low Flow AOP Energy Dissipation Analyze Crossing OK Cancel

Ilustración 16 - Datos de entrada modelo HY-8; Fuente, Autor



Cuenca3 Alcantarilla Circular de 36" con un caudal de 1.51 m³/s

Crossing Properties

Name: Villavicencio2

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.510	cms
Maximum Flow	1.600	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	1.000	m
Side Slope (H:V)	2.000	:1
Channel Slope	0.0300	m/m
Manning's n (channel)	0.025	
Channel Invert Elevation	251.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.000	m
Crest Elevation	253.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	4.000	m

Culvert Properties

Cuenca3

[Add Culvert](#)
[Duplicate Culvert](#)
[Delete Culvert](#)

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Cuenca3	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	914.400	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.016	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	251.000	m
Outlet Station	4.000	m
Outlet Elevation	250.900	m
Number of Barrels	1	

[Help](#) [Click on any icon for help on a specific](#) [Low Flow](#) [AOP](#) [Energy Dissipation](#) [Analyze Crossing](#) [OK](#) [Cancel](#)

Ilustración 17 - Datos de entrada modelo HY-8; Fuente, Autor

2.3.3 Resultados de modelación hidráulica

Cuenca1 Pontón de 7m de longitud y 2 metros de alto con un caudal de 10.91 m³/s

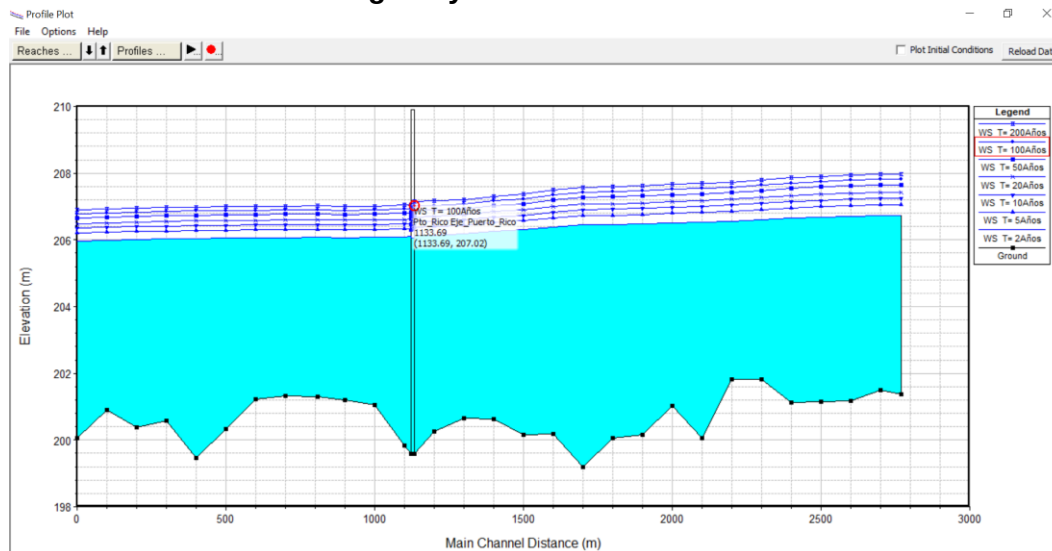


Ilustración 18 - Lámina de agua estimada con puente proyectado; Fuente, Autor



Cuenca2 Alcantarilla Circular de 36" con un caudal de 2.12 m³/s

Ilustración 19 - Perfil de flujo; Fuente, Autor

Crossing - Villavicencio, Design Discharge - 2.12 cms
Culvert - Cuenca2, Culvert Discharge - 2.12 cms

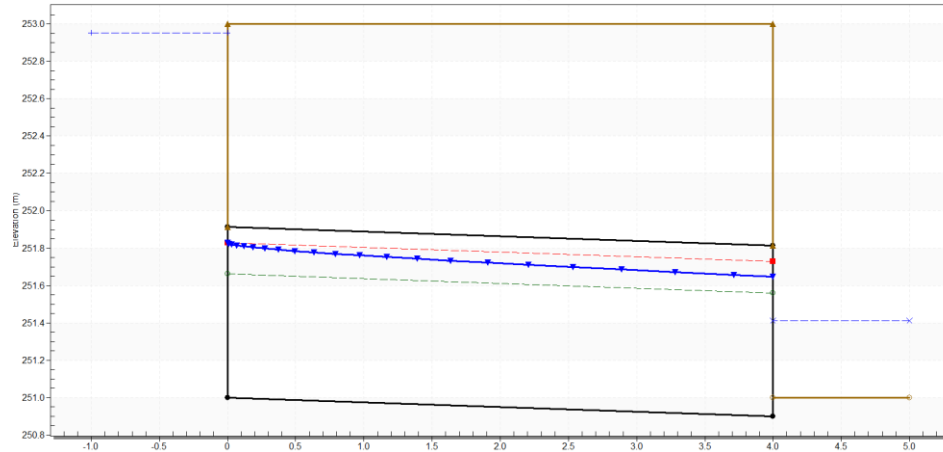


Tabla 14 – Parámetros hidráulicos de diseño de Box Culvert; Fuente, Autor

Total Discharge	Culvert Discharge	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	251.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
0.22	0.22	251.36	0.36	0.18	1-S2n	0.19	0.27	0.20	0.12	2.01	1.47
0.44	0.44	251.54	0.54	0.32	1-S2n	0.26	0.38	0.30	0.18	2.34	1.82
0.66	0.66	251.69	0.69	0.46	1-S2n	0.33	0.47	0.38	0.22	2.57	2.05
0.88	0.88	251.83	0.83	0.60	1-S2n	0.38	0.55	0.45	0.26	2.76	2.23
1.10	1.10	251.97	0.97	0.75	5-S2n	0.43	0.62	0.51	0.29	2.93	2.38
1.32	1.32	252.13	1.13	0.92	5-S2n	0.48	0.68	0.57	0.32	3.09	2.50
1.54	1.54	252.32	1.32	1.18	5-S2n	0.53	0.73	0.62	0.35	3.24	2.61
1.76	1.76	252.53	1.53	1.35	5-S2n	0.58	0.77	0.67	0.37	3.41	2.71
2.12	2.12	252.95	1.95	1.64	5-S2n	0.66	0.83	0.75	0.41	3.69	2.85
2.20	2.17	253.02	2.02	1.69	5-S2n	0.67	0.83	0.76	0.42	3.73	2.87



Cuenca3 Alcantarilla Circular de 36" con un caudal de 1.51 m³/s

Ilustración 20 - Perfil de flujo; Fuente, Autor

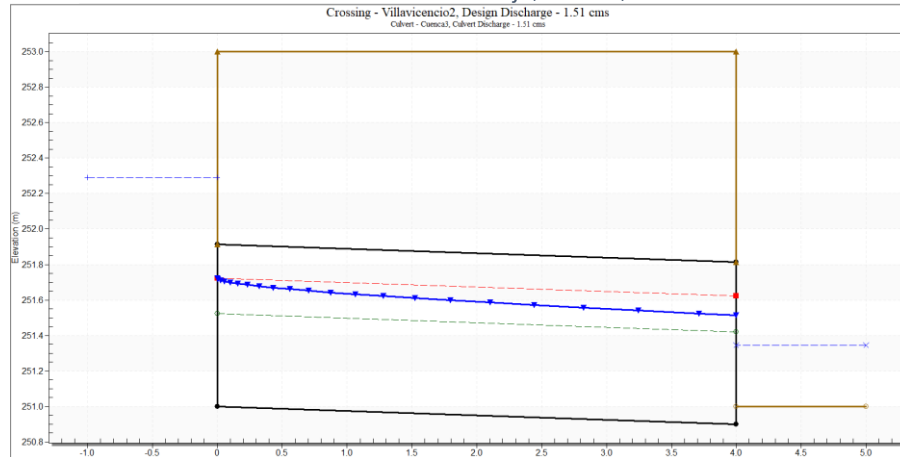


Tabla 15 – Parámetros hidráulicos de diseño de Box Culvert; Fuente, Autor

Total Discharge	Culvert Discharge	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	251.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
0.16	0.16	251.31	0.31	0.13	1-S2n	0.16	0.23	0.17	0.10	1.87	1.32
0.32	0.32	251.44	0.44	0.24	1-S2n	0.22	0.32	0.25	0.15	2.18	1.65
0.48	0.48	251.57	0.57	0.35	1-S2n	0.28	0.40	0.32	0.19	2.39	1.87
0.64	0.64	251.68	0.68	0.45	1-S2n	0.32	0.47	0.37	0.22	2.55	2.03
0.80	0.80	251.78	0.78	0.55	1-S2n	0.36	0.52	0.42	0.25	2.69	2.17
0.96	0.96	251.88	0.88	0.66	1-S2n	0.40	0.58	0.47	0.27	2.82	2.29
1.12	1.12	251.99	0.99	0.77	5-S2n	0.44	0.62	0.51	0.30	2.94	2.39
1.28	1.28	252.10	1.10	0.89	5-S2n	0.47	0.67	0.56	0.32	3.06	2.48
1.51	1.51	252.29	1.29	1.16	5-S2n	0.52	0.72	0.61	0.34	3.22	2.59
1.60	1.60	252.37	1.37	1.23	5-S2n	0.54	0.74	0.63	0.36	3.29	2.64

2.4 RECURSOS UTILIZADOS

- Cartografía IGAC 1:500.000
- Cartografía IGAC 1:100.000
- Cartografía IGAC 1:10.000
- DEM AP_27133_FBS_F0070_RT1 (SATELITE ALOS PALSAR)
- DEM AP_27133_FBS_F0080_RT1 (SATELITE ALOS PALSAR)
- DEM AP_27381_FBS_F0070_RT1 (SATELITE ALOS PALSAR)



3. CONCLUSIONES

- En el primer punto (Ver Plano de Cuenca1) se encuentran una estructura de drenaje transversal en mal estado y sin la óptima capacidad hidráulica; por ello se debe realizar la demolición de esta estructura para construir una nueva.
- En el primer punto (Ver Plano de Cuenca1) se proyecta un pontón de 7 metros de longitud por 2 metros de alto con el fin de garantizar que el flujo no sea obstaculice y se continúe con sus regímenes de flujo naturales.
- Para el punto 2 y 3 (Ver Plano de Cuenca2 y Cuenca3) se encontraron estructuras de drenaje en pésimas condiciones y colmatadas por falta de mantenimiento preventivo de cada estructura, se deben demoler y construir nuevas estructuras.
- En el punto 2 y 3 (Ver Plano de Cuenca2 y Cuenca3) se proyectan estructuras de tipo alcantarilla circular con un diámetro de 36" en cada punto. Esto con el fin de drenar las escorrentías superficiales que se producen aledañas al corredor que se proyecta.

4. RECOMENDACIONES

Debe tenerse en cuenta que existen dos aspectos principales para el adecuado funcionamiento de las obras de drenaje vial relacionado con el paso del flujo a través de ella.

El primero son las características físicas propias de Box y demás estructuras, como son: la pendiente del conducto, rugosidad de la superficie y principalmente su diámetro, estos condicionan la capacidad de conducción regular o buena del flujo a través del conducto.

Un segundo aspecto tiene que ver con las condiciones externas a la salida del flujo de las estructuras, entre las que se encuentran las condiciones del terreno al descole, áreas muy enmalezadas, y obstruidas por tierra; así mismo, el canal de recepción y evacuación de las aguas de las estructuras, hacia aguas abajo, es decir canales de escorrentía (cunetas o canales naturales).

Lo anterior ocasiona, obstrucción del flujo a la salida de las estructuras de drenaje, por tanto, la baja velocidad del flujo de agua, lo cual permite la acumulación de sedimentos dentro del mismo conducto, dado que el mismo flujo no puede hacer su función auto limpiante; de esta manera todo se va volviendo progresivo, hasta llegar al punto en que la estructura se vuelve ineficiente en su funcionamiento de conducción.

Como principal medida de mitigación y/o prevención de esta situación, es la de realizar actividades de mantenimiento y limpieza periódica **cada 6 meses**, dentro de los Box Culvert en el área de encole y descole de este, así como, el mantenimiento del canal del cauce o escorrentía receptora de sus aguas o punto de descarga de estas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, J. P. (2006). Análisis del modelo de cálculo de caudales en alcantarillas circulares de Bodhaine por métodos indirectos y desarrollo de modelo sintetizado Aguilar. Bogotá: ECI.
- Çengel., Y. A., & Cimbala., J. M. (2010). Mecánica de Fluidos. México: Mc Graw Hill.
- Chin, D. A. (2013). Hydraulic Analysis and Design of Pipe Culverts:USGS versus FHWA. Journal Of Hydraulic Engineering,139(8),886-893. doi:10.1061/(ASCE)HY.1943- 7900.0000748, 9.
- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos. BOGOTÁ: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- FHWA. (2012). Hydraulic Design of Highway Culverts. Hydraulic Design Series Number 5 (HDS 5) (3 ed.). Washington. Arlington: FWHA.
- French, R. H. (1988). Hidráulica de canales abiertos. MÉXICO: Mc GRAW HILL.
- Gary Brunner. (2016). HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis, CA.: US ARMY CORP OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5 ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.
- INVIAS. (2009). Manual de drenaje para carreteras. Bogotá: Invias.
- Mays, L. W. (2011). Water Resources Engineering. USA: John Wiley & Sons.
- Novak., P., Moffat., A. B., Nalluri., C., & Narayanan., R. (2011). Hydraulic Structures. USA: E & FN Spon.
- Thiele, E. (2007). Culvert Hydraulics:Comparison of Current Computer Models. All Theses and Dissertations. Paper 881. <http://scholarsarchive.byu.edu/etd/881>
- USBR - United States Department of the Interior - Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. Water Resources Technical Publication.
- USGS-United States Geological Survey Water-Supply. (1984). Metric Version Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. Paper 2339. Recuperado de <http://www.fhwa.dot.gov/BRIDGE/wsp2339.pdf> el 15 de agosto de 2015.

6. ANEXOS Y REGISTROS DE CALIDAD

Anexo 1. Análisis Hidrológico



Anexo 2. Modelo Hidráulico

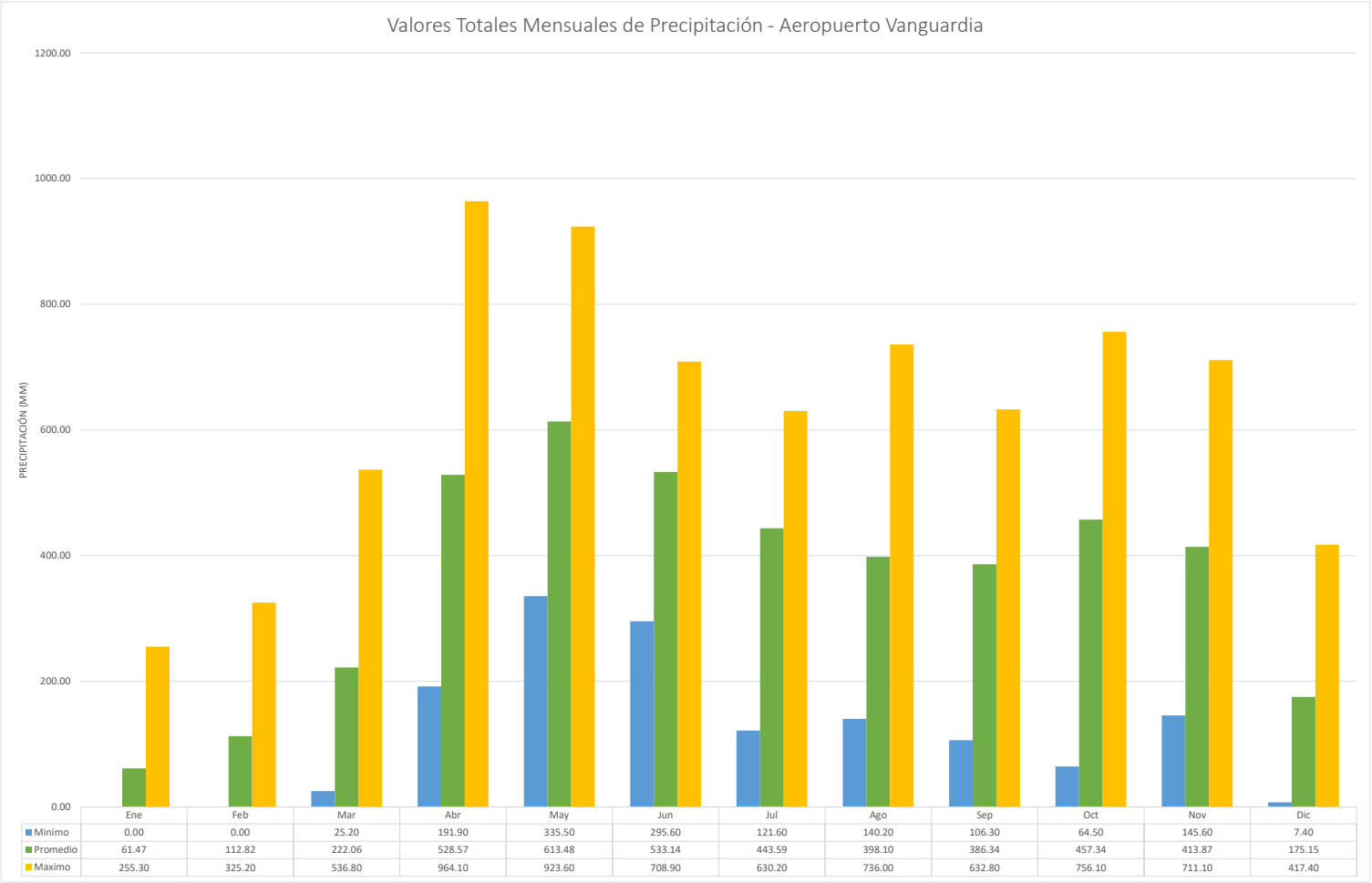
7. CONTROL DE CAMBIOS

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN

8. REGISTROS DE CALIDAD

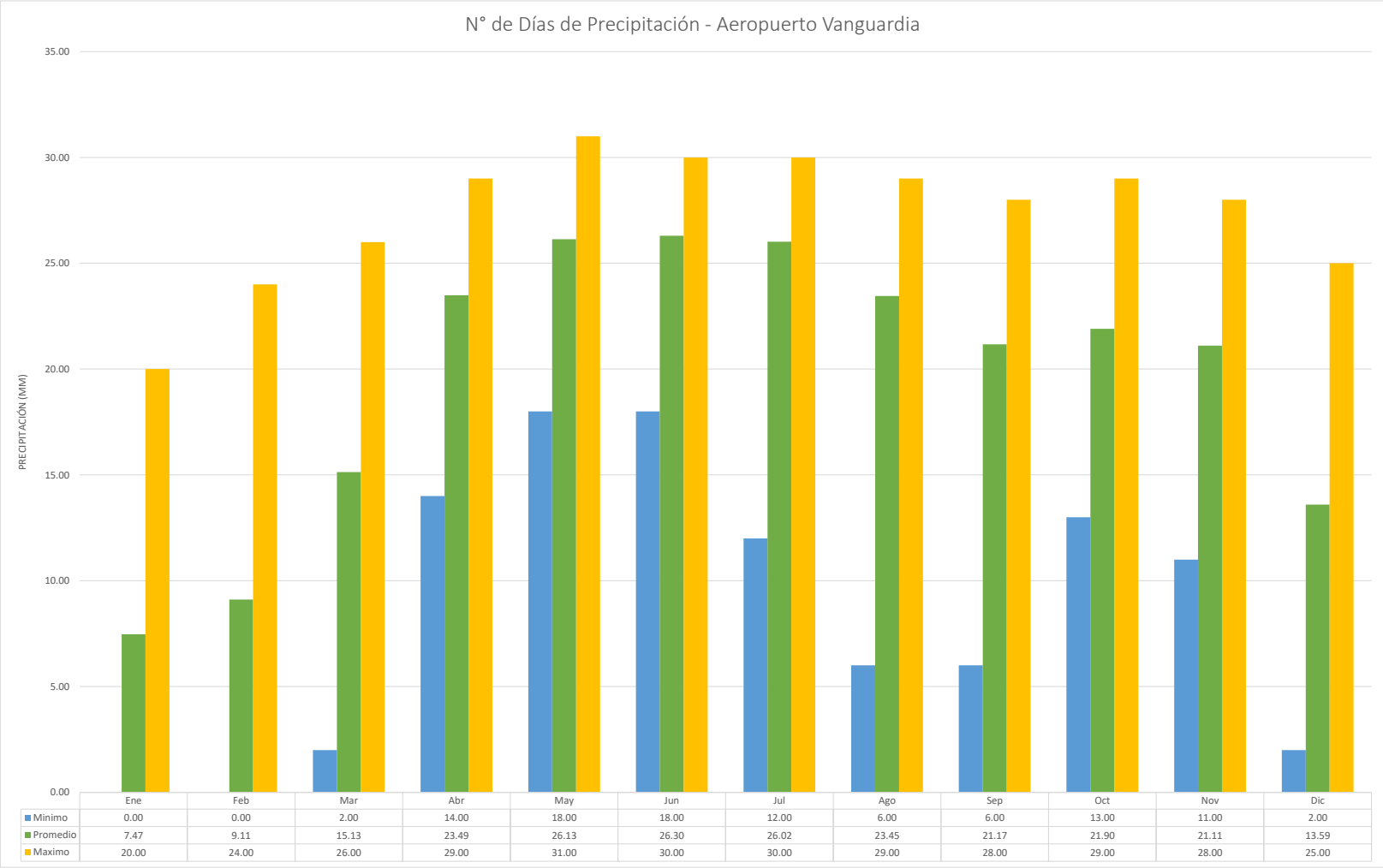


VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION - AEROPUERTO VANGUARDIA																
Totales	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr Pro Anual	Vr Min Anual	Vr Max Anual	Vr Total Anual
	31	60	91	121	152	182	213	244	274	305	355	366				
1964	0.00	189.00	30.20	437.00	335.50	401.00	121.60	150.00	193.00	293.00	500.00	108.00	229.86	0.00	500.00	2758.30
1965	71.00	16.00	78.00	321.00	583.00	487.00	339.00	364.00	354.00	533.00	448.20	139.00	311.10	16.00	583.00	3733.20
1966	112.00	20.30	106.50	195.70	355.10	295.60	297.40	613.40	545.30	476.40	438.50	373.00	319.10	20.30	613.40	3829.20
1967	80.50	72.53	123.88	788.00	763.00	578.00	546.00	345.00	139.00	334.00	284.00	42.00	341.33	42.00	788.00	4095.90
1968	25.00	35.00	26.00	771.00	572.00	644.00	537.50	311.40	601.00	594.00	590.50	33.00	395.03	25.00	771.00	4740.40
1969	114.00	218.80	285.00	606.40	426.50	594.00	348.00	168.00	264.40	284.70	182.10	7.40	291.61	7.40	606.40	3499.30
1970	144.50	99.00	122.70	596.00	414.00	534.30	385.00	471.00	419.70	64.50	360.40	100.00	309.26	64.50	596.00	3711.10
1971	55.00	205.00	149.70	544.00	431.60	522.00	432.00	384.00	106.30	472.00	406.00	78.00	315.47	55.00	544.00	3785.60
1972	144.00	197.00	470.00	575.00	757.50	581.20	378.00	736.00	527.20	463.00	263.00	62.00	429.49	62.00	757.50	5153.90
1973	0.00	0.00	144.00	478.60	720.00	663.00	482.50	628.00	569.00	395.70	392.20	121.00	382.83	0.00	720.00	4594.00
1974	22.00	75.30	82.40	486.20	498.50	508.10	430.45	456.90	452.00	321.60	145.60	32.50	292.63	22.00	508.10	3511.55
1975	23.70	82.00	439.80	342.10	654.70	635.40	394.40	140.20	236.30	284.90	558.60	227.00	334.93	23.70	654.70	4019.10
1976	6.80	88.60	87.20	410.60	564.40	504.00	466.90	450.60	282.10	557.40	269.00	260.80	329.03	6.80	564.40	3948.40
1977	0.00	64.40	324.00	191.90	471.30	495.20	475.70	328.60	517.60	446.50	514.30	57.20	323.89	0.00	517.60	3886.70
1978	61.70	67.80	255.20	897.00	665.20	459.20	522.10	516.20	442.80	450.70	487.10	201.20	418.85	61.70	897.00	5026.20
1979	28.30	2.40	249.90	779.90	339.60	534.10	235.20	506.80	247.80	458.80	426.90	186.30	333.00	2.40	779.90	3996.00
1980	125.80	39.00	225.90	447.20	467.80	708.90	511.80	336.70	352.50	440.70	249.10	198.00	341.95	39.00	708.90	4103.40
1981	41.50	224.40	117.50	415.60	885.60	561.50	409.60	341.40	396.90	621.30	457.10	233.70	392.18	41.50	885.60	4706.10
1982	19.50	66.40	251.00	964.10	576.00	359.20	507.70	454.80	398.40	624.20	397.40	182.70	400.12	19.50	964.10	4801.40
1983	93.80	259.60	207.50	768.50	852.70	430.10	377.60	401.50	356.50	501.60	506.20	334.60	424.18	93.80	852.70	5090.20
1984	255.30	294.30	157.10	520.60	416.90	557.50	341.10	520.60	486.50	501.60	303.20	75.60	369.19	75.60	557.50	4430.30
1985	1.00	23.10	122.50	294.90	686.20	596.90	415.30	387.80	410.30	475.90	443.20	61.10	326.52	1.00	686.20	3918.20
1986	35.60	156.60	178.60	445.80	747.40	541.60	583.30	386.80	376.20	584.50	530.30	93.50	388.35	35.60	747.40	4660.20
1987	88.30	111.30	265.70	427.10	461.90	354.50	422.80	353.70	323.30	565.90	452.60	121.10	329.02	88.30	565.90	3948.20
1988	1.10	16.40	167.00	390.70	525.20	537.60	370.00	484.70	246.60	392.90	495.80	160.70	315.73	1.10	537.60	3788.70
1989	64.90	161.30	100.40	277.80	615.20	474.80	265.10	377.20	308.60	507.80	505.50	205.30	321.99	64.90	615.20	3863.90
1990	82.60	325.20	304.40	630.70	640.60	424.80	413.80	234.30	240.50	308.30	519.70	340.30	372.10	82.60	640.60	4465.20
1991	24.90	116.70	361.20	669.40	640.20	557.00	480.80	347.50	370.10	257.20	322.70	65.30	351.08	24.90	669.40	4213.00
1992	54.00	36.50	212.10	338.20	670.80	518.10	401.50	473.70	538.10	385.70	329.30	215.20	347.77	36.50	670.80	4173.20
1993	145.30	95.30	373.90	784.30	409.50	408.20	615.00	389.50	543.10	642.40	386.50	125.70	409.89	95.30	784.30	4918.70
1994	99.80	100.80	333.30	596.20	674.90	367.00	519.50	365.90	597.60	756.10	450.10	74.30	411.29	74.30	756.10	4935.50
1995	81.90	14.40	220.20	359.70	687.90	621.70	389.40	514.90	511.00	600.60	349.30	133.50	373.71	14.40	687.90	4484.50
1996	24.30	209.40	198.30	542.60	877.10	499.50	487.00	368.90	526.60	466.70	711.10	280.20	432.64	24.30	877.10	5191.70
1997	140.30	209.40	105.80	469.20	701.60	628.70	540.80	413.70	584.60	240.40	302.40	13.20	362.51	13.20	701.60	4350.10
1998	36.30	215.80	402.00	606.80	706.20	599.10	518.60	502.30	347.50	482.30	365.70	234.00	418.05	36.30	706.20	5016.60
1999	91.00	248.50	192.00	735.90	524.30	669.90	431.60	333.70	396.10	594.20	434.40	202.50	404.51	91.00	735.90	4854.10
2000	64.00	163.90	104.20	379.90	923.60	351.80	333.60	354.60	200.60	288.30	371.00	145.80	306.78	64.00	923.60	3681.30
2001	12.80	38.50	158.30	330.40	765.10	567.80	515.60	368.00	393.30	572.80	372.90	417.40	376.08	12.80	765.10	4512.90
2002	9.80	7.90	365.40	611.10	897.00	635.20	614.30	341.70	477.50	606.30	201.20	222.60	415.83	7.90	897.00	4990.00
2003	0.40	21.50	146.50	621.60	400.80	694.00	307.20	417.30	632.80	399.20	547.60	214.40	366.94	0.40	694.00	4403.30
2004	46.60	324.30	161.10	424.80	736.60	655.80	574.70	374.70	428.10	383.60	391.00	336.50	403.15	46.60	736.60	4837.80
2005	95.90	278.90	246.80	594.10	780.30	588.80	561.50	394.50	350.70	531.30	609.90	139.00	430.98	95.90	780.30	5171.70
2006	141.50	34.40	395.90	486.60	754.40	472.00	347.30	343.30	293.40	683.40	599.00	153.10	392.03	34.40	754.40	4704.30
2007	14.60	10.00	409.60	382.80	753.60	581.70	385.60	484.10	324.60	482.90	275.10	138.00	353.55	10.00	753.60	4242.60
2008	34.30	20.80	25.20	458.90	688.10	704.70	572.40	330.20	485.40	424.20	443.30	236.20	368.64	20.80	704.70	4423.70
2009	89.80	64.00	201.70	449.70	625.10	703.60	484.60	474.10	326.90	597.20	260.90	50.60	360.68	50.60	703.60	4328.20
2010	0.10	115.60	426.30	627.00	580.50	584.20	630.20	451.70	332.30	488.90	399.60	392.70	419.09	0.10	630.20	5029.10
2011	90.30	144.50	175.20	469.10	632.70	529.40	367.40	361.60	592.70	337.90	576.60	357.20	386.22	90.30	632.70	4634.60
2012	36.60	106.90	536.80	546.30	575.80	423.90	595.70	371.60	281.30	586.10	257.20	316.10	386.19	36.60	595.70	4634.30
2013	0.30	80.40	224.90	662.50	741.80	418.80	583.70	264.50	222.00	332.60	516.10	173.40	351.75	0.30	741.80	4221.00
2014	26.50	127.40	263.60	672.90	420.30	670.90	371.00	265.20	309.60	332.10	497.40	210.50	347.28	26.50	672.90	4167.40
2015	196.60	19.20	225.40	399.30	385.90	491.90	457.80	277.80	330.50	399.40	416.60	180.30	315.06	19.20	491.90	3780.70
2016	2.00	63.70	231.60	791.30	532.80	329.40	413.60	664.90	285.85	412.55	421.83	220.08	364.13	2.00	791.30	4369.60
Promedio	61.47	112.82	222.06	528.57	613.48	533.14	443.59	398.10	386.34	457.34	413.87	175.15	362.16	35.48	698.52	4345.93
Minimo	0.00	0.00	25.20	191.90	335.50	295.60	121.60	140.20	106.30	64.50	145.60	7.40	229.86	0.00	491.90	2758.30
Maximo	255.30	325.20	536.80	964.10	923.60	708.90	630.20	736.00	632.80	756.10	711.10	417.40	432.64	95.90	964.10	5191.70



N°Años	53
--------	----

N° DE DIAS DE PRECIPITACIÓN - AEROPUERTO VANGUARDIA																
Totales	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr Pro Anual	Vr Min Anual	Vr Max Anual	Vr Total Anual
	31	60	91	121	152	182	213	244	274	305	355	366				
1964	0.00	5.00	4.00	19.00	18.00	20.00	12.00	16.00	8.00	17.00	20.00	9.00	12.33	0.00	20.00	148.00
1965	6.00	1.00	2.00	22.00	27.00	25.00	18.00	23.00	21.00	19.00	20.00	9.00	16.08	1.00	27.00	193.00
1966	7.00	2.00	7.00	16.00	22.00	24.00	21.00	24.00	20.00	17.00	22.00	16.00	16.50	2.00	24.00	198.00
1967	6.00	4.00	6.00	21.00	26.00	23.00	21.00	16.00	11.00	17.00	14.00	2.00	13.92	2.00	26.00	167.00
1968	2.00	1.00	3.00	27.00	20.00	19.00	27.00	15.00	26.00	18.00	18.00	6.00	15.17	1.00	27.00	182.00
1969	7.00	13.00	12.00	22.00	21.00	21.00	23.00	6.00	15.00	13.00	11.00	6.00	14.17	6.00	23.00	170.00
1970	9.00	9.00	10.00	21.00	25.00	18.00	19.00	19.00	27.00	13.00	17.00	9.00	16.33	9.00	27.00	196.00
1971	6.00	10.00	12.00	22.00	25.00	26.00	20.00	26.00	6.00	20.00	22.00	12.00	17.25	6.00	26.00	207.00
1972	14.00	10.00	18.00	19.00	27.00	23.00	21.00	26.00	22.00	20.00	14.00	3.00	18.08	3.00	27.00	217.00
1973	0.00	0.00	11.00	14.00	18.00	22.00	23.00	20.00	20.00	15.00	17.00	9.00	14.08	0.00	23.00	169.00
1974	4.00	7.00	8.00	21.00	24.00	24.00	25.00	22.00	22.00	22.00	16.00	6.00	16.75	4.00	25.00	201.00
1975	5.00	5.00	15.00	17.00	20.00	26.00	27.00	21.00	21.00	22.00	24.00	23.00	18.83	5.00	27.00	226.00
1976	6.00	7.00	20.00	26.00	28.00	28.00	29.00	20.00	24.00	20.00	19.00	14.00	20.08	6.00	29.00	241.00
1977	0.00	8.00	19.00	20.00	28.00	30.00	27.00	23.00	25.00	24.00	24.00	9.00	19.75	0.00	30.00	237.00
1978	9.00	5.00	17.00	29.00	28.00	30.00	26.00	23.00	24.00	24.00	20.00	11.00	20.50	5.00	30.00	246.00
1979	4.00	1.00	20.00	25.00	20.00	29.00	24.00	25.00	21.00	23.00	20.75	19.00	19.31	1.00	29.00	231.75
1980	11.00	2.00	12.00	19.00	29.00	26.00	25.00	22.00	22.00	22.00	17.00	13.00	18.33	2.00	29.00	220.00
1981	2.00	17.00	7.00	28.00	27.00	29.00	28.00	19.00	19.00	22.00	22.00	15.00	19.58	2.00	29.00	235.00
1982	8.00	13.00	16.00	29.00	28.00	28.00	30.00	24.00	21.00	23.00	26.00	14.00	21.67	8.00	30.00	260.00
1983	14.00	13.00	14.00	27.00	28.00	26.00	26.00	26.00	22.00	27.00	22.00	19.00	22.00	13.00	28.00	264.00
1984	20.00	19.00	18.00	21.00	23.00	30.00	28.00	27.00	28.00	27.00	23.00	7.00	22.58	7.00	30.00	271.00
1985	1.00	5.00	15.00	21.00	31.00	27.00	28.00	26.00	26.00	21.00	24.00	10.00	19.58	1.00	31.00	235.00
1986	8.00	13.00	18.00	23.00	27.00	27.00	27.00	27.00	24.00	27.00	20.00	13.00	21.17	8.00	27.00	254.00
1987	9.00	16.00	12.00	25.00	25.00	25.00	28.00	27.00	21.00	23.00	21.00	14.00	20.50	9.00	28.00	246.00
1988	2.00	8.00	11.00	25.00	27.00	27.00	29.00	28.00	25.00	20.00	26.00	12.00	20.00	2.00	29.00	240.00
1989	8.00	9.00	14.00	23.00	30.00	27.00	25.00	24.00	23.00	26.00	22.00	8.00	19.92	8.00	30.00	239.00
1990	10.00	14.00	23.00	26.00	28.00	28.00	26.00	24.00	20.00	18.00	24.00	21.00	21.83	10.00	28.00	262.00
1991	2.00	11.00	13.00	25.00	26.00	28.00	30.00	25.00	20.00	21.00	23.00	16.00	20.00	2.00	30.00	240.00
1992	9.00	6.00	12.00	24.00	27.00	26.00	27.00	24.00	20.00	20.00	25.00	16.00	19.67	6.00	27.00	236.00
1993	16.00	10.00	23.00	28.00	29.00	26.00	28.00	24.00	22.00	27.00	26.00	8.00	22.25	8.00	29.00	267.00
1994	7.00	11.00	19.00	25.00	30.00	24.00	28.00	27.00	26.00	23.00	19.00	16.00	21.25	7.00	30.00	255.00
1995	5.00	4.00	19.00	25.00	27.00	27.00	24.00	24.00	22.00	24.00	13.00	15.00	19.08	4.00	27.00	229.00
1996	14.00	15.00	20.00	21.00	30.00	28.00	29.00	26.00	22.00	24.00	24.00	22.00	22.92	14.00	30.00	275.00
1997	14.00	15.00	9.00	22.00	31.00	28.00	30.00	24.00	22.00	16.00	22.00	4.00	19.75	4.00	31.00	237.00
1998	3.00	13.00	17.00	25.00	26.00	29.00	28.00	23.00	22.00	19.00	23.00	24.00	21.00	3.00	29.00	252.00
1999	15.00	24.00	18.00	24.00	26.00	29.00	28.00	21.00	22.00	29.00	19.00	21.00	23.00	15.00	29.00	276.00
2000	12.00	10.00	14.00	25.00	29.00	27.00	24.00	24.00	22.00	27.00	24.00	22.00	21.67	10.00	29.00	260.00
2001	4.00	7.00	18.00	18.00	25.00	28.00	26.00	22.00	22.00	26.00	21.00	25.00	20.17	4.00	28.00	242.00
2002	7.00	4.00	14.00	23.00	29.00	28.00	27.00	26.00	22.00	23.00	22.00	12.00	19.75	4.00	29.00	237.00
2003	1.00	6.00	19.00	25.00	28.00	27.00	27.00	24.00	20.00	25.00	22.00	17.00	20.08	1.00	28.00	241.00
2004	3.00	10.00	17.00	23.00	30.00	26.00	30.00	27.00	22.00	23.00	22.00	18.00	20.92	3.00	30.00	251.00
2005	11.00	12.00	20.00	28.00	27.00	29.00	27.00	26.00	24.00	26.00	25.00	11.00	22.17	11.00	29.00	266.00
2006	17.00	8.00	26.00	27.00	24.00	27.00	30.00	24.00	19.00	25.00	23.00	15.00	22.08	8.00	30.00	265.00
2007	6.00	4.00	14.00	25.00	28.00	27.00	25.00	25.00	25.00	24.00	20.00	19.00	20.17	4.00	28.00	242.00
2008	7.00	11.00	7.00	21.00	29.00	29.00	29.00	23.00	26.00	26.00	24.00	15.00	20.58	7.00	29.00	247.00
2009	19.00	11.00	20.00	24.00	21.00	25.00	27.00	26.00	18.00	22.00	15.00	9.00	19.75	9.00	27.00	237.00
2010	1.00	9.00	20.00	26.00	28.00	27.00	30.00	23.00	18.00	25.00	23.00	18.00	20.67	1.00	30.00	248.00
2011	7.00	10.00	22.00	25.00	30.00	26.00	27.00	24.00	22.00	22.00	28.00	21.00	22.00	7.00	30.00	264.00
2012	12.00	9.00	26.00	26.00	25.00	24.00	27.00	29.00	19.00	20.00	15.00	17.00	20.75	9.00	29.00	249.00
2013	1.00	10.00	21.00	20.00	28.00	27.00	27.00	27.00	19.00	19.00	25.00	11.00	19.58	1.00	28.00	235.00
2014	6.00	9.00	14.00	28.00	20.00	27.00	28.00	22.00	22.00	22.00	21.00	13.00	19.33	6.00	28.00	232.00
2015	15.00	11.00	19.00	26.00	27.00	29.00	27.00	26.00	20.00	22.00	27.00	13.00	21.83	11.00	29.00	262.00
2016	4.00	16.00	17.00	28.00	25.00	28.00	26.00	28.00	20.00	20.75	22.00	13.50	20.69	4.00	28.00	248.25
Promedio	7.47	9.11	15.13	23.49	26.13	26.30	26.02	23.45	21.17	21.90	21.11	13.59	19.57	5.36	28.11	234.89
Mínimo	0.00	0.00	2.00	14.00	18.00	18.00	12.00	6.00	6.00	13.00	11.00	2.00	12.33	0.00	20.00	148.00
Maximo	20.00	24.00	26.00	29.00	31.00	30.00	30.00	29.00	28.00	29.00	28.00	25.00	23.00	15.00	31.00	276.00



N°Años	53
--------	----

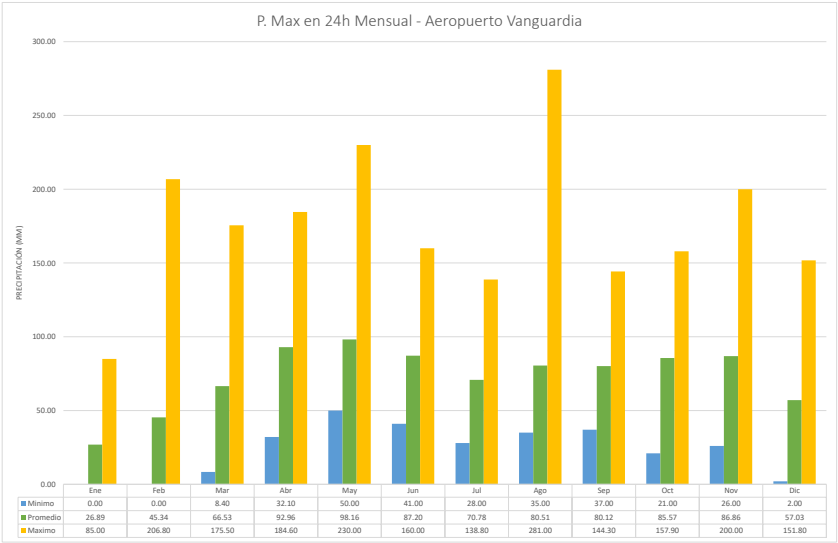
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN - AEROPUERTO VANGUARDIA																
Totales	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr Pro Anual	Vr Min Anual	Vr Max Anual	Vr Total Anual
	91	89	91	121	152	182	213	244	274	305	365	365				
1964	0.00	79.00	15.00	65.00	80.00	96.00	28.00	51.00	66.00	50.00	90.00	25.00	53.75	0.00	96.00	645.00
1965	40.00	16.00	60.00	50.00	75.00	70.00	49.00	78.00	70.00	85.00	72.00	30.50	57.96	16.00	85.00	695.50
1966	55.00	20.00	56.00	72.00	62.00	65.00	45.00	141.00	64.00	97.00	59.00	61.00	66.42	20.00	141.00	797.00
1967	43.25	30.75	51.25	145.00	116.00	81.00	72.00	52.00	37.00	58.00	60.00	25.00	64.27	25.00	145.00	771.25
1968	20.00	35.00	16.00	130.00	65.00	101.00	65.00	55.00	103.00	90.00	200.00	11.00	74.25	11.00	200.00	891.00
1969	58.00	52.00	73.00	95.00	90.00	70.00	120.00	70.00	47.00	104.00	55.00	2.00	69.67	2.00	120.00	836.00
1970	38.00	40.00	48.00	77.00	50.00	97.00	63.00	82.00	47.00	21.00	91.75	48.00	58.56	21.00	97.00	702.75
1971	23.00	60.00	52.00	81.00	54.00	61.00	53.00	56.00	43.00	55.00	54.00	12.00	50.33	12.00	81.00	604.00
1972	37.00	50.00	80.00	95.00	100.00	90.10	61.00	281.00	84.00	74.60	58.00	40.00	87.56	37.00	281.00	1050.70
1973	0.00	0.00	35.00	171.00	230.00	90.50	68.00	140.00	78.00	118.00	63.00	50.00	86.96	0.00	230.00	1043.50
1974	15.00	57.00	34.00	99.70	56.00	87.00	75.13	53.30	62.00	50.00	26.00	14.50	52.47	14.50	99.70	629.63
1975	16.00	45.00	130.00	50.00	142.00	88.00	79.00	38.50	70.30	57.60	79.40	32.20	69.00	16.00	142.00	828.00
1976	2.20	25.80	39.50	97.70	56.90	81.00	92.50	97.80	64.60	130.90	158.40	77.40	77.06	2.20	158.40	924.70
1977	0.00	24.10	131.30	32.10	77.30	104.30	57.10	83.10	129.80	77.50	81.30	18.00	67.99	0.00	131.30	815.90
1978	20.40	62.20	90.50	103.90	112.00	51.20	95.50	100.60	118.30	86.80	87.40	97.90	85.56	20.40	118.30	1026.70
1979	23.50	2.40	77.60	108.50	64.30	154.50	38.20	54.10	39.30	80.00	96.33	59.30	66.50	2.40	154.50	798.03
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	91.78	38.00	160.00	1101.40
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	85.03	25.30	152.10	1020.30
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	66.12	9.20	100.40	793.40
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	80.66	40.50	130.60	967.90
1984	52.20	119.70	53.90	75.90	78.10	66.30	60.80	86.30	112.10	90.80	43.10	29.10	72.36	29.10	119.70	868.30
1985	1.00	9.60	50.40	88.70	115.30	148.30	49.20	62.60	108.20	73.30	63.20	23.00	66.07	1.00	148.30	792.80
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	69.38	15.00	158.10	832.60
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	68.61	26.20	120.70	823.30
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	62.66	1.00	103.50	751.90
1989	27.90	86.00	31.80	59.10	51.40	75.70	45.20	61.10	79.60	157.90	115.60	64.80	71.34	27.90	157.90	856.10
1990	23.10	206.80	50.60	101.70	64.40	72.90	73.20	71.60	111.40	56.80	67.10	86.50	82.18	23.10	206.80	986.10
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	80.40	18.80	175.50	964.80
1992	49.20	17.60	66.30	96.50	84.20	110.30	75.70	55.20	86.80	85.20	60.40	69.10	71.38	17.60	110.30	856.50
1993	35.80	39.00	76.60	95.00	57.80	60.50	131.20	103.60	83.40	81.70	73.90	77.10	76.30	35.80	131.20	915.60
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	79.94	23.60	125.40	959.30
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	81.88	9.60	144.30	982.50
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	86.43	8.20	199.20	1037.10
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	75.63	6.10	162.90	907.60
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	91.08	19.20	144.20	1093.00
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	74.14	15.30	111.80	889.70
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	59.82	21.30	128.60	717.80
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	72.29	10.40	143.80	867.50
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	82.20	2.70	151.80	986.40
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	68.23	0.40	120.10	818.80
2004	40.70	106.10	39.40	77.40	110.00	118.20	68.90	59.50	114.60	76.20	69.20	86.20	80.53	39.40	118.20	966.40
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	87.30	43.90	124.40	1047.60
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	78.68	22.10	160.20	944.10
2007	7.60	5.90	132.70	68.80	121.50	65.30	61.40	108.40	69.40	56.50	72.80	66.90	69.77	5.90	132.70	837.20
2008	32.70	4.70	8.40	184.60	86.60	88.50	82.10	89.60	73.10	92.80	63.80	72.40	73.28	4.70	184.60	879.30
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	73.67	19.80	133.80	884.00
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	77.21	0.10	147.80	926.50
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	80.09	35.70	147.00	961.10
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	70.29	18.70	130.20	843.50
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	62.40	0.30	115.20	748.80
2014	13.20	87.50	73.70	79.20	114.50	123.80	57.30	42.90	45.20	49.40	137.70	90.80	76.27	13.20	137.70	915.20
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	65.51	12.40	106.20	786.10
2016	1.00	15.10	89.00	160.80	87.80	41.00	94.30	131.80	65.50	75.78	96.50	82.73	78.44	1.00	160.80	941.30
Promedio	26.89	45.34	66.53	92.96	98.16	87.20	70.78	80.51	80.12	85.57	86.86	57.03	73.16	15.89	141.25	877.95
Mínimo	0.00	0.00	8.40	32.10	50.00	41.00	28.00	35.00	37.00	21.00	26.00	2.00	50.33	0.00	81.00	604.00
Máximo	85.00	206.80	175.50	184.60	230.00	160.00	138.80	281.00	144.30	157.90	200.00	151.80	91.78	43.90	281.00	1101.40

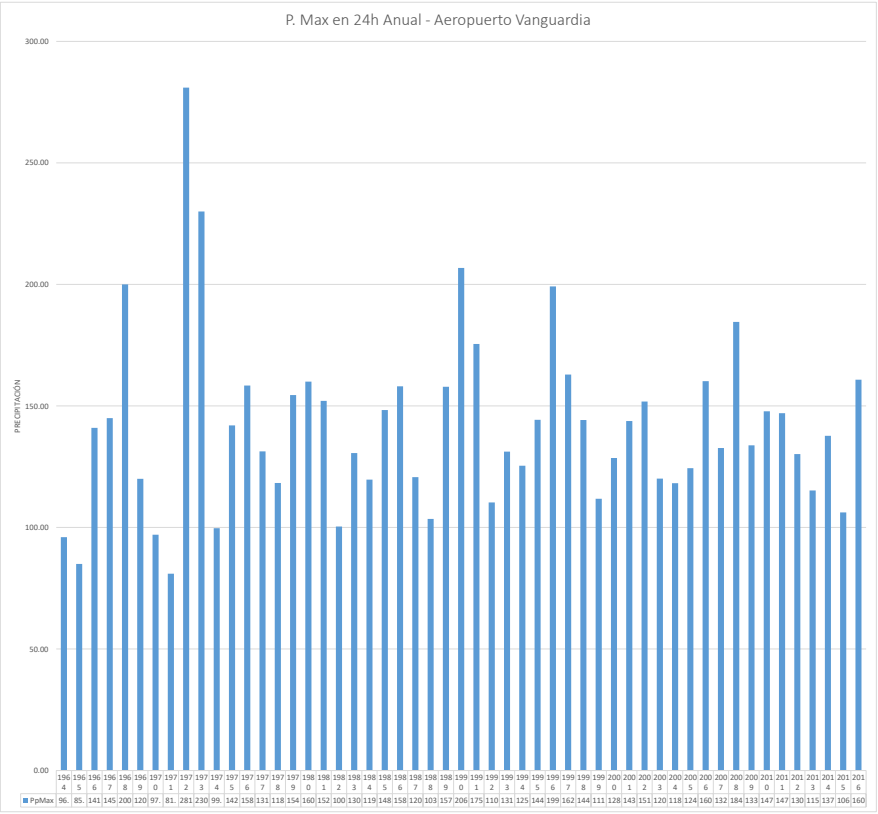
Precipitacion Maxima Anual en 24 Horas			
N°	Año	PpMax24Hr (mm)	
1	1964	96.00	2047.48
2	1965	85.00	3163.96
3	1966	141.00	0.06
4	1967	145.00	14.07
5	1968	200.00	3451.67
6	1969	120.00	451.52
7	1970	97.00	1957.98
8	1971	81.00	3629.95
9	1972	281.00	19530.33
10	1973	230.00	7896.73
11	1974	99.70	1726.32
12	1975	142.00	0.56
13	1976	158.40	294.15
14	1977	131.30	98.98
15	1978	118.30	526.66
16	1979	154.50	175.59
17	1980	160.00	351.60
18	1981	152.10	117.74
19	1982	100.40	1668.65
20	1983	130.60	113.40
21	1984	119.70	464.36
22	1985	148.30	49.72
23	1986	158.10	283.95
24	1987	120.70	422.26
25	1988	103.50	1424.99
26	1989	157.90	277.25
27	1990	206.80	4296.93
28	1991	175.50	1173.13
29	1992	110.30	957.84
30	1993	131.20	100.98
31	1994	125.40	251.19
32	1995	144.30	9.31
33	1996	199.20	3358.31
34	1997	162.90	468.76
35	1998	144.20	8.71
36	1999	111.80	867.25
37	2000	128.60	160.00
38	2001	143.80	6.51
39	2002	151.80	111.32
40	2003	120.10	447.28
41	2004	118.20	531.26
42	2005	124.40	283.89
43	2006	160.20	359.14
44	2007	132.70	73.09
45	2008	184.60	1879.30
46	2009	133.80	55.49
47	2010	147.80	42.91
48	2011	147.00	33.07
49	2012	130.20	122.08
50	2013	115.20	678.55
51	2014	137.70	12.60
52	2015	106.20	1228.44
53	2016	160.80	382.24
n		53.00	
Media		141.25	
Desviación estandar		36.17	
Coeficiente de sesgo		1.40	

$$i\left(\frac{mm}{hr}\right)=\frac{a\cdot T_r^b\cdot M^d}{\left(t_c/60\right)^c}$$

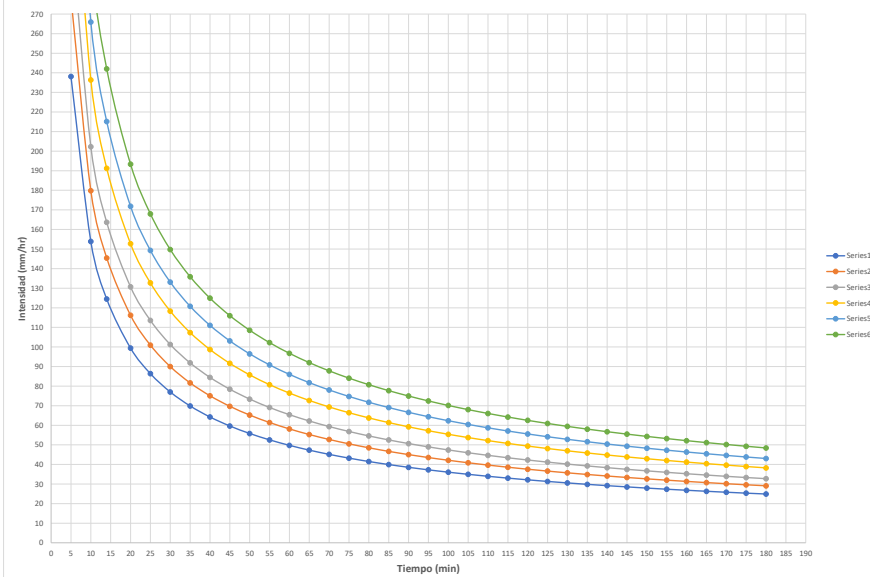
para la orinogía	
a	5.53
b	0.17
c	0.63
d	0.42
M	141.25

Duración en minutos	Curva Intensidad - Duración - Frecuencia Vargas-Díaz-Granados					
	2	5	10	25	50	100
5	238.11	278.25	313.04	365.81	411.56	463.02
10	153.86	179.80	202.28	236.38	265.94	299.20
14	124.47	145.45	163.64	191.22	215.14	242.04
20	99.42	116.18	130.71	152.74	171.84	193.33
25	86.38	100.94	113.57	132.71	149.31	167.98
30	77.01	89.99	101.24	118.31	133.10	149.75
35	69.88	81.66	91.87	107.36	120.79	135.89
40	64.24	75.07	84.46	98.70	111.04	124.93
45	59.65	69.70	78.42	91.64	103.10	115.99
50	55.82	65.23	73.38	85.75	96.48	108.54
55	52.57	61.43	69.11	80.76	90.86	102.22
60	49.76	58.15	65.42	76.45	86.01	96.77
65	47.31	55.29	62.20	72.69	81.78	92.01
70	45.16	52.77	59.37	69.37	78.05	87.81
75	43.24	50.52	56.84	66.42	74.73	84.07
80	41.51	48.51	54.58	63.78	71.75	80.72
85	39.96	46.69	52.53	61.39	69.06	77.70
90	38.54	45.04	50.67	59.21	66.62	74.95
95	37.25	43.53	48.98	57.23	64.39	72.44
100	36.07	42.15	47.42	55.41	62.34	70.14
105	34.98	40.87	45.98	53.73	60.45	68.02
110	33.97	39.69	44.66	52.18	58.71	66.05
115	33.03	38.60	43.42	50.74	57.09	64.23
120	32.15	37.57	42.27	49.40	55.58	62.53
125	31.34	36.62	41.20	48.14	54.17	60.94
130	30.57	35.73	40.19	46.97	52.84	59.45
135	29.86	34.89	39.25	45.87	51.60	58.06
140	29.18	34.10	38.36	44.83	50.43	56.74
145	28.54	33.35	37.52	43.85	49.33	55.50
150	27.94	32.65	36.73	42.92	48.29	54.33
155	27.37	31.98	35.98	42.04	47.30	53.22
160	26.82	31.35	35.27	41.21	46.36	52.16
165	26.31	30.74	34.59	40.42	45.47	51.16
170	25.82	30.17	33.94	39.67	44.63	50.21
175	25.35	29.63	33.33	38.95	43.82	49.30
180	24.91	29.10	32.74	38.26	43.05	48.43





Curvas IDF



Villavicencio, 30 DE JUNIO DE 2023

Señores

AGENCIA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL META-AIM

Calle 15 No 40 – 01 Lobby 1 Piso 8

CC. Primavera Urbana – Villavicencio

contactenos@aim-meta.gov.co

REFERENCIA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META

ASUNTO: Memorial de responsabilidad del ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META

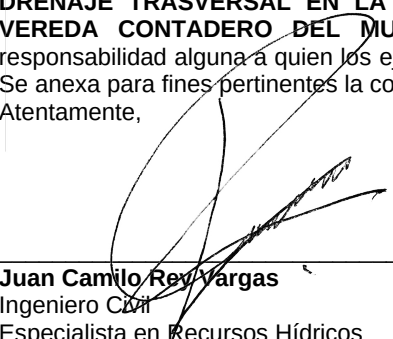
Cordial saludo,

Yo **JUAN CAMILO REY VARGAS** identificado con Cedula de Ciudadanía N° 1.121.899.750 en mi calidad de Ingeniero Civil con especialización en Recursos hídricos y matrícula profesional No. 25202-378966 CND certifico que realicé **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO – META** correspondiente al proyecto de la referencia y declaro que el **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META** fue realizado bajo los siguientes parámetros:

1. • Manual de drenaje para carreteras, 2009.
2. Manual de mantenimiento de carreteras V1 y V2, 2016.
3. Guía de diseño de pavimentos con Placa-huella, 2015.
4. Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje, 2006.

Declaro que asumo la responsabilidad **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS DE DRENAJE TRASVERSAL EN LA VIA QUE COMUNICA VILLA PATRICIA CON EL PRADO EN LA VEREDA CONTADERO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META**, además de exonerar de responsabilidad alguna a quien los ejecute siempre y cuando se ciña a lo especificado en planos y memorias. Se anexa para fines pertinentes la copia de la matrícula profesional y el certificado de vigencia de esta.

Atentamente,



Juan Camilo Rey Vargas

Ingeniero Civil

Especialista en Recursos Hídricos

Matrícula profesional No.: 25202-378966 CND

EL DIRECTOR GENERAL

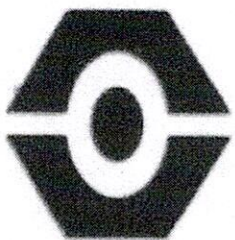
CERTIFICA:

1. Que JUAN CAMILO REY VARGAS, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1121899750, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-378966 desde el 18 de Enero de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 78.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los once (11) días del mes de Julio del año dos mil veintitres (2023).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.

25202-378966 CND

Fecha de Expedición: **18/01/2018**

Nombre:

JUAN CAMILO

REY VARGAS

Identificación:

C.C. 1121899750

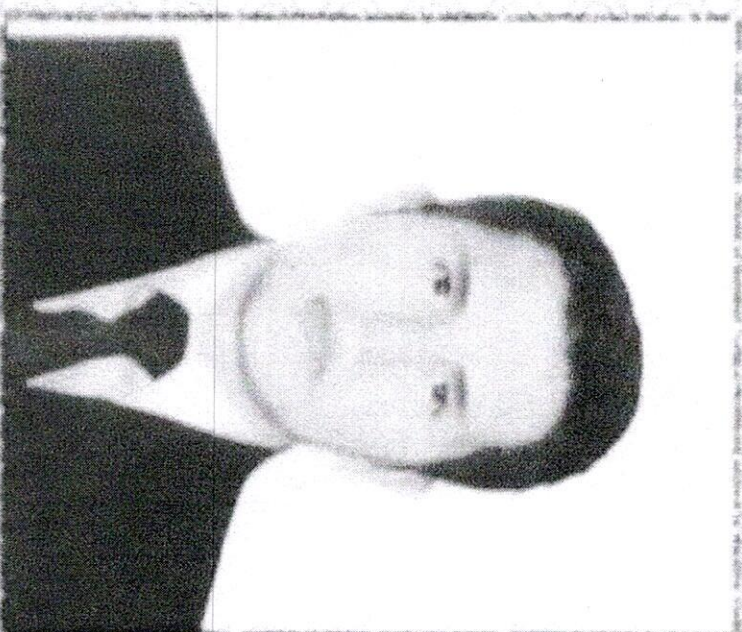
Profesión:

INGENIERO CIVIL

Institución:

UNIVERSIDAD COOPERATIVA

DE COLOMBIA





AGENCIA PARA LA
INFRAESTRUCTURA DEL META

NOMBRE DEL PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA VÍA
QUE COMUNICA VILLA PATRICIA
CON EL PRADO EN LA VEREDA
CONTADERO DEL MUNICIPIO DE
VILLAVICENCIO, META.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE:
CUENCA 1,
DRENAJE APORTANTE DE QUEBRADA HONDA

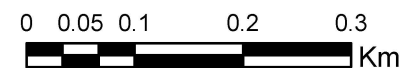
CONVENCIONES:

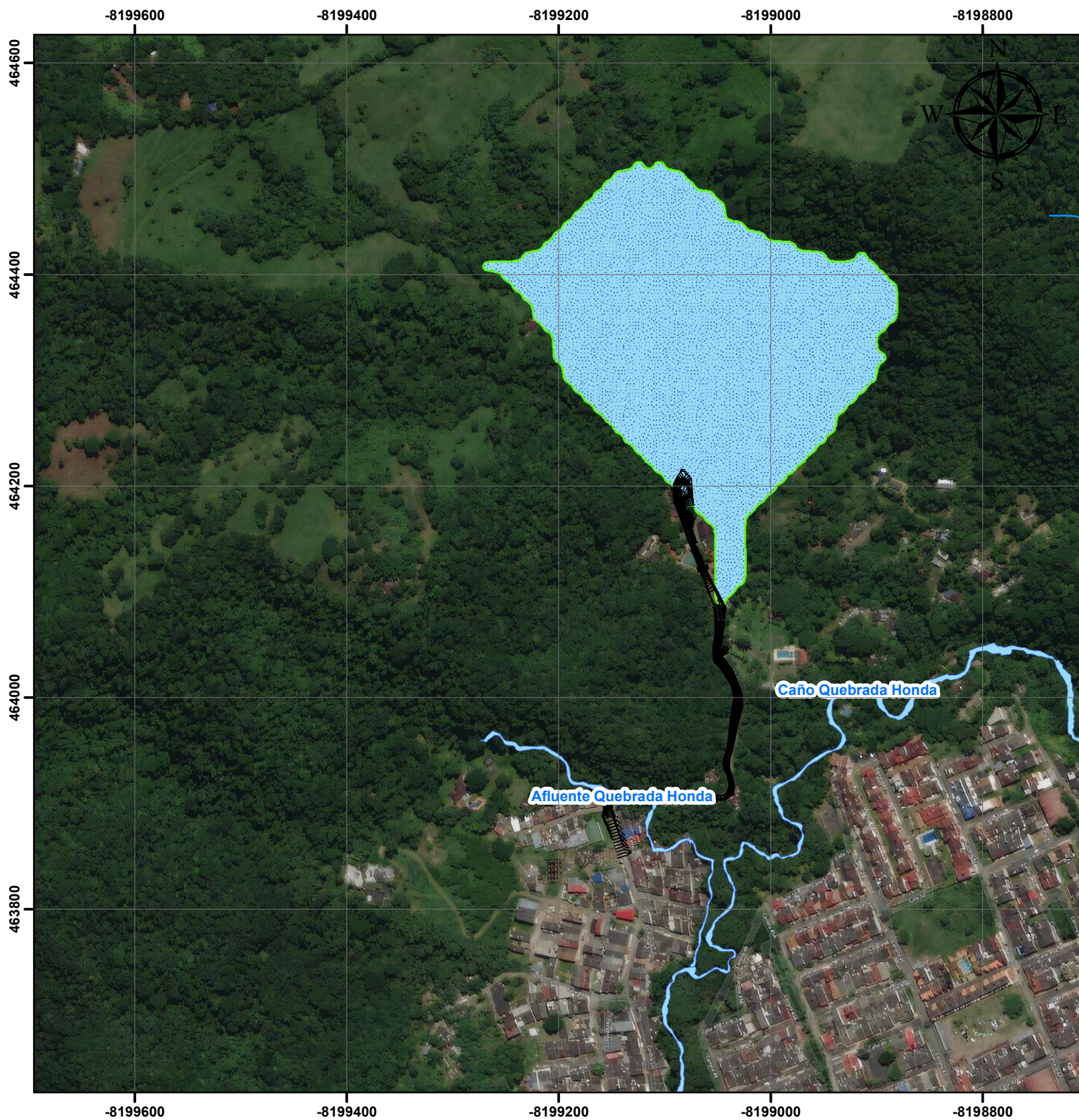
-  Diseño Geometrico
-  Drenaje_Sencillo
-  Drenaje_Doble
-  Cuenca

SISTEMA DE COORDENADAS:

Coordinate System: PCS GKMAGB
Projection: Transverse Mercator
Datum: CGS SIRGAS
False Easting: 1,000,000.0000
False Northing: 1,000,000.0000
Central Meridian: -74.0775
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 4.5962
Units: Meter

JUAN CAMILO REY VARGAS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS
MP: 25202-378966 CND





AGENCIA PARA LA
INFRAESTRUCTURA DEL META

NOMBRE DEL PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA VÍA
QUE COMUNICA VILLA PATRICIA
CON EL PRADO EN LA VEREDA
CONTADERO DEL MUNICIPIO DE
VILLAVICENCIO, META.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE:

CUENCA 2,
ESCORRENTIA (PROYECCIÓN DE ODT)

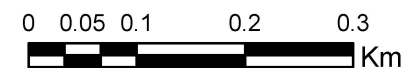
CONVENCIONES:

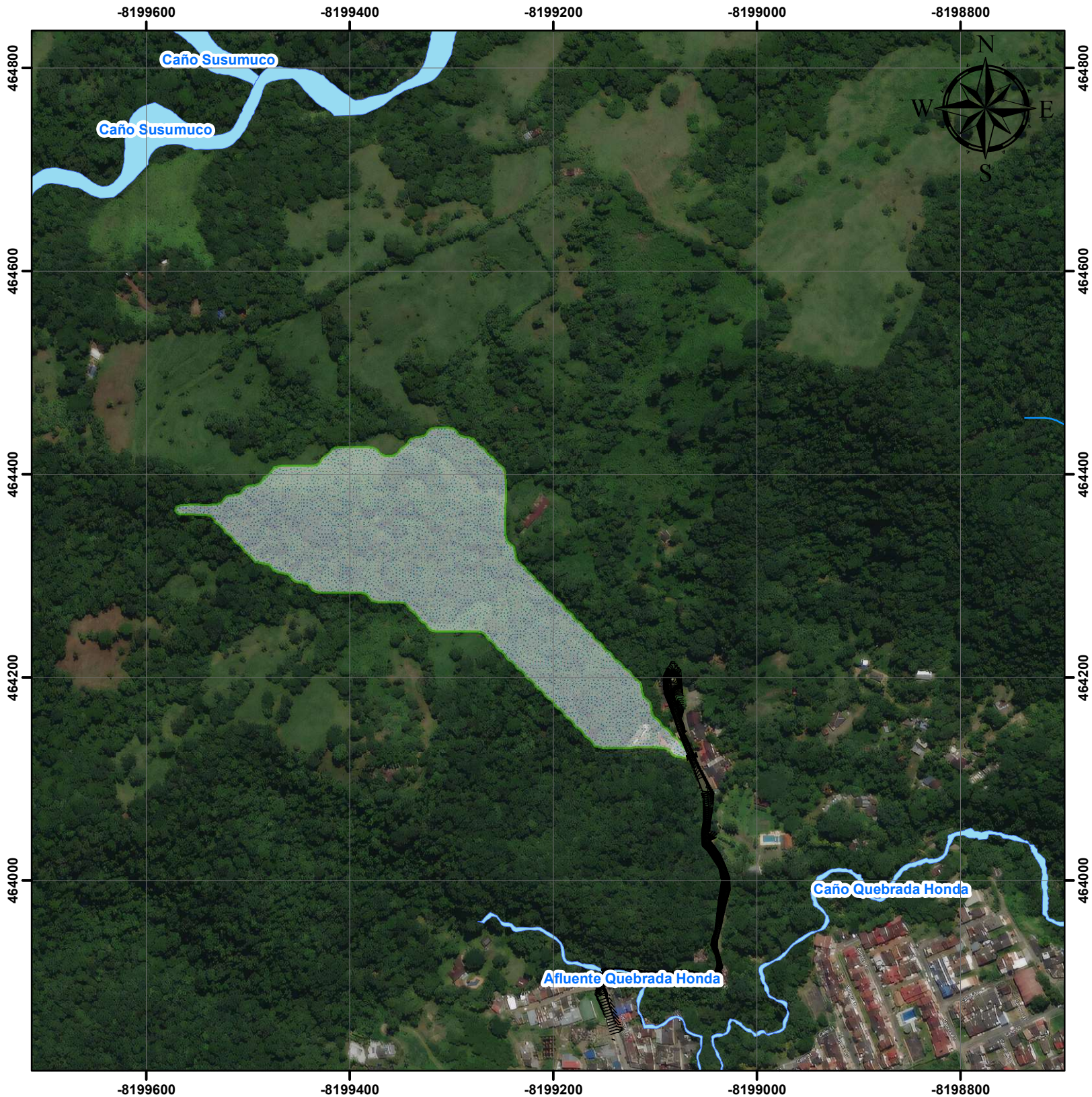
-  Diseño Geometrico
-  Drenaje_Sencillo
-  Drenaje_Doble
-  Cuenca

SISTEMA DE COORDENADAS:

Coordinate System: PCS GKMAGB
Projection: Transverse Mercator
Datum: CGS SIRGAS
False Easting: 1,000,000.0000
False Northing: 1,000,000.0000
Central Meridian: -74.0775
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 4.5962
Units: Meter

JUAN CAMILO REY VARGAS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS
MP: 25202-378966 CND





AGENCIA PARA LA
INFRAESTRUCTURA DEL META

NOMBRE DEL PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA VÍA
QUE COMUNICA VILLA PATRICIA
CON EL PRADO EN LA VEREDA
CONTADERO DEL MUNICIPIO DE
VILLAVICENCIO, META.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE:
CUENCA 3,
ESCORRENTIA (PROYECCIÓN DE ODT)

CONVENCIONES:

-  Diseño Geometrico
-  Drenaje_Sencillo
-  Drenaje_Doble
-  Cuenca

SISTEMA DE COORDENADAS:

Coordinate System: PCS GKMAGB
Projection: Transverse Mercator
Datum: CGS SIRGAS
False Easting: 1,000,000.0000
False Northing: 1,000,000.0000
Central Meridian: -74.0775
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 4.5962
Units: Meter

JUAN CAMILO REY VARGAS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS
MP: 25202-378966 CND

