

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

RESOLUCIÓN No. 2512

11 AGO 2025

**POR LA CUAL SE OTORGA UN PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE Y SE DICTAN
OTRAS DISPOSICIONES
(POC-00029-25)**

La Directora Territorial Norte de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena –CAM, en uso de sus atribuciones legales y estatutarias, en especial las conferidas en la ley 99 de 1993, Decreto Ley 2811 de 1974, la Resolución No. 4041 de diciembre 21 del 2017 modificada por la Resolución No. 104 de enero 21 del 2019, la Resolución No. 466 de febrero 28 del 2020, la Resolución No. 2747 de octubre 5 del 2022 y la Resolución No. 864 del 16 de abril de 2024, expedidas por la Dirección General de la CAM; de conformidad con el procedimiento establecido en el Decreto 1076 de 2015, y teniendo en cuenta lo siguiente,

ANTECEDENTES

Mediante escrito con radicado CAM No. 2024-E 33189 de fecha 12 de noviembre de 2024, la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, representada legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán identificado con cédula de ciudadanía No. 19.451.246, solicito a la Dirección Territorial Norte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, liquidación por servicios de evaluación para el trámite del permiso de ocupación de cauce sobre la fuente hídrica Sin Toponimia para cruce de obra lineal del Plan de Desarrollo Dina Integrado – ID – D8.

De acuerdo a lo anterior, la Dirección Territorial Norte mediante radicado CAM No. 2024-S 34633 de fecha 21 de noviembre de 2024, dio respuesta a la solicitud de liquidación por servicio de evaluación según la solicitud radicada en la Corporación bajo el No. 2024-E 33189 de fecha 12 de noviembre de 2024. Adicionalmente se requirió hacer allegar la siguiente información y documentación dentro del trámite, los cuales se relacionan a continuación:

- Registro histórico de estaciones hidrometeorológicas (.csv.txt*. xls o *.xlsx)
- Área de drenaje al punto de cierre objeto de estudio, debidamente georreferenciada (plano de la cuenca), (.shp.kml* o *.dwg)
- Hojas electrónicas de cálculo (*.xls o *.xlsx)
- Bases de datos (.csv.txt* o *.xls)
- Modelos hidrológico e hidráulico
- Levantamiento topobatimétrico (*.dwg) con la superficie sin explotar (Civil 3D)
- Planos y escalas conforme al Artículo 2.2.3.2.19.8 del decreto 1076 de 2015
- Entre otros soportes digitales editables que permita la evaluación integral.
- Así mismo, la documentación que se presente, debe contener el cumplimiento de la guía técnica de acotamiento de rondas hídricas, con respecto a que la velocidad no debe superar el 10% y la lámina de agua no debe superar 30 cm, con respecto al

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

cauce natural (o condiciones actuales, en caso de haber una estructura preexistente).

Mediante radicado CAM No. 2025-E 1775 de fecha 27 de enero de 2025, la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, solicito ante este Despacho permiso de ocupación de cauce permanente sobre el punto de ocupación de cauce D8 en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado.

Como soporte a su petición, el solicitante suministró la siguiente información:

- Formulario único nacional de solicitud de ocupación de cauce, playas y lechos.
- Radicado VITAL.
- Certificado de tradición.
- Soporte de pago liquidación por servicio de evaluación.
- Cédula de ciudadanía
- Poder
- Certificado de existencia y representación legal
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios

Mediante oficio con radicado CAM No. 2025-S 3962 de fecha 18 de febrero de 2025, esta Territorial requirió a la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, allegar la siguiente información dentro del trámite de solicitud de permiso de ocupación de cauce.

1. Fotocopia de la cédula de ciudadanía del representante legal
2. Presentar el formulario único nacional de solicitud de ocupación de cauces, ajustando el punto 4, sobre calidad en que actúa, indicando si es propietario, arrendatario, poseedor u otro, sobre el predio objeto de ocupación.
3. Presentar el certificado de uso de suelo expedido por la oficina de Planeación municipal correspondiente con vigencia del año en curso.
4. Planos indicando:
 - Ubicación de la obra sobre la cuenca hidrográfica y la fuente hídrica a intervenir.
 - Topobatemetría a detalle del tramo y llanura de inundación del cauce a intervenir.
 - Detalle hidráulico con dimensiones de la obra y su implantación con vista en planta, transversal y longitudinal.
 - Detalle hidráulico del cauce y socavación (láminas de agua y profundidades de socavación en el sitio de la obra)
 - Detalle estructural de la obra

Mediante oficio con radicado CAM No. 2025-E 7104 de fecha 19 de marzo de 2025, la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, allego respuesta al requerimiento con radicado CAM 2025-S 3962 de fecha 18 de febrero de 2025, dentro del expediente POC-00029-25.

Como corolario de lo anterior, la Dirección Territorial Norte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, analizando y evaluando la información presentada por

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, dio inicio mediante Auto No. 0073 de fecha 09 de abril de 2025, al trámite de la solicitud del permiso de ocupación de cauce, sobre la fuente hídrica denominada Sin Toponimia, en el punto con coordenadas X:4743640,72 Y:1899876,36 para la instalación de línea de flujo – cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina integrado, ubicado en el predio denominado “El Tenay Vrda El Dindal”, con matrícula inmobiliaria No. 200-16019 en jurisdicción del municipio de Aipe – Huila.

Mediante memorando con radicado CAM No. 773 de fecha 10 de abril de 2025, esta Territorial solicito a la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental apoyo para la evaluación de los permisos de ocupación de cauce solicitados por ECOPETROL S.A., en los componentes hidrológico, hidráulico y de riesgos dentro del expediente POC-00029-25.

Que el auto de inicio del trámite dentro del expediente POC-00029-25, fue notificado de manera electrónica a través del oficio con radicado CAM No. 2025-S 10473 de fecha 21 de abril de 2025, a la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, siendo recibida la notificación el día 21 de abril de 2025.

Mediante oficio con radicado CAM No. 2025-E 11884 de fecha 08 de mayo de 2025, la sociedad ECOPETROL S.A. identificada con Nit. 899.999.068-1, allego a esta Territorial el pago por seguimiento al trámite del permiso de ocupación de cauce dentro del expediente POC-00029-25.

Mediante oficio con radicado CAM No. 2025-S 12948 de fecha 13 de mayo de 2025, esta Territorial remite al Municipio de Aipe – Huila, aviso al trámite de permiso de ocupación de cauce dentro del expediente POC-00029-25, con el fin de que se publique en un lugar público y visible por el termino de diez (10) días hábiles.

Con certificado de publicación web expedido el 15 de mayo de 2025, el Outsourcing del área TIC de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, certifica que se realizó la respectiva publicación web del auto inicio de trámite No. 0074 de 2025 para el permiso de ocupación de cauce, entre los días 30 de abril al 14 de mayo de 2025, dentro del expediente POC-00029-25.

Mediante memorando con radicado CAM No. 510 de fecha 15 de mayo de 2025, la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental emitió concepto técnico en el cual señalo:

“(…)

CONCEPTO:

Se considera que los componentes hidrológicos, hidráulico y de socavación No Cumplen con los requerimientos técnicos de la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (MADS, 2018), para las modificaciones considerables en la morfología de los sistemas loticos, en el periodo de retorno de 100 años. que generaría la implementación de las obras hidráulicas indicadas en las fuentes hídricas naturales a intervenir.

(…)”



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

<p>Estudio hidrológico, hidráulico y de socavación (cuando aplique, ver Nota1). Las obras hidráulicas de las vías y demás infraestructura de transporte deben dar cumplimiento a los lineamientos la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (MADS. 2018), con respecto a que la velocidad no debe superar el 10% y la lámina de agua no debe superar 30 cm, con respecto a las condiciones actuales. Los estudios aquí indicados deben presentarse con sus respectivos anexos y memorias de cálculo (ver Nota2) Nota1: No se requiere estudio de socavación cuando sean obras de tipo fusible tales como gaviones, bolsacretos, etc. Nota2: Para una correcta evaluación, el desarrollo de los componentes hidrológico e hidráulico deben soportarse documentalmente con sus respectivas memorias de cálculo y obras a construir de una manera clara, consecuente y anexar los archivos digitales correspondientes, en formato editable, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro histórico de estaciones hidrometeorológicas (.csv.txt*.xls) • Área de drenaje al punto de cierre objeto de estudio, debidamente georreferenciada (plano de la cuenca), (.shp .kml* o *.dwg) • Hojas electrónicas de cálculo (*.xls o *.xlsx) • Modelos hidrológico e hidráulico • Otros soportes digitales editables que permita la evaluación integral. 	<p>Mediante radicado 2025-E 1775 del 27 de Enero de 2025 y 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025, ECOPETROL S.A presenta la documentación técnica en medio física y magnética.</p>
<p>Informe de Topobatemetría, con sus respectivos anexos que incluya el levantamiento (*.dwg) con la superficie sin explotar (Civil 3D)</p>	<p>Mediante radicado 2025-E 1775 del 27 de Enero de 2025 y 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025, ECOPETROL S.A presenta la documentación técnica en medio física y magnética.</p>
<p>Informe de diseño estructural, con sus respectivos anexos y memoria de cálculo.</p>	<p>Mediante radicado 2025-E 1775 del 27 de Enero de 2025 y 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025, ECOPETROL S.A, presenta la documentación técnica en medio física y magnética.</p>
<p>Tarjeta profesional y memorial de responsabilidad del o los profesionales que acreditan los estudios presentados.</p>	<p>Mediante radicado 2025-E 1775 del 27 de Enero de 2025 y 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025, ECOPETROL S.A, presenta, certificados COPNIA y memoriales de responsabilidad de los profesionales.</p>
<p>Certificado de vigencia de la tarjeta profesional no mayor a tres meses de expedido, por el Concejo Profesional de Ingeniería (COPNIA)</p>	<p>Mediante radicado 2025-E 1775 del 27 de Enero de 2025 y 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025, ECOPETROL S.A, presenta, certificados</p>

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

	COPNIA de los profesionales, de acuerdo a los cuales las matriculas se encuentran vigentes.
Otros Documentos	
Certificado de uso de suelo expedido por la oficina de Planeación municipal correspondiente, vigencia del año en curso, del proyecto y la zona donde se ubicará la obra objeto de ocupación.	Mediante radicado 2025-E 7104 del 19 de marzo de 2025, ECOPETROL S.A presenta certificado del 12 de febrero de 2025, emitido por el Secretario de Planeación de Aipe.

→ **OBSERVACIÓN SOBRE EL TERRENO Y UBICACIÓN**

El día 30 de mayo del 2025, tal como se habla programado, se realizó el desplazamiento hasta el punto objeto de ocupación, guiado por los ingenieros delegados de la empresa ECOPETROL S.A. ubicado en las coordenadas X: 863268 Y: 833668 de la zona rural en el municipio de Aipe Huila, con el propósito de evaluar la solicitud de permiso de ocupación de cauce para el proyecto denominado "PLAN DE DESARROLLO DINA INTEGRADO" sobre la fuente hídrica Sin Toponimia.

Durante la visita se realiza inspección de ocular de la zona, observando la fuente hídrica que se encuentra ligada al trámite de ocupación de cauce y del mismo modo se observa dónde estará ubicada la infraestructura mencionada en la solicitud del permiso:

- En el punto de coordenadas señalado, se identifica la presencia de un cuerpo hídrico registrado en la base de datos de la Corporación como "Fuente Hídrica Sin Toponimia". el cual actúa como afluente de la quebrada El Tigre. No obstante, durante la visita técnica realizada al sitio, se evidenció que dicho cuerpo hídrico no presentaba afluencia de caudal al momento de la inspección.

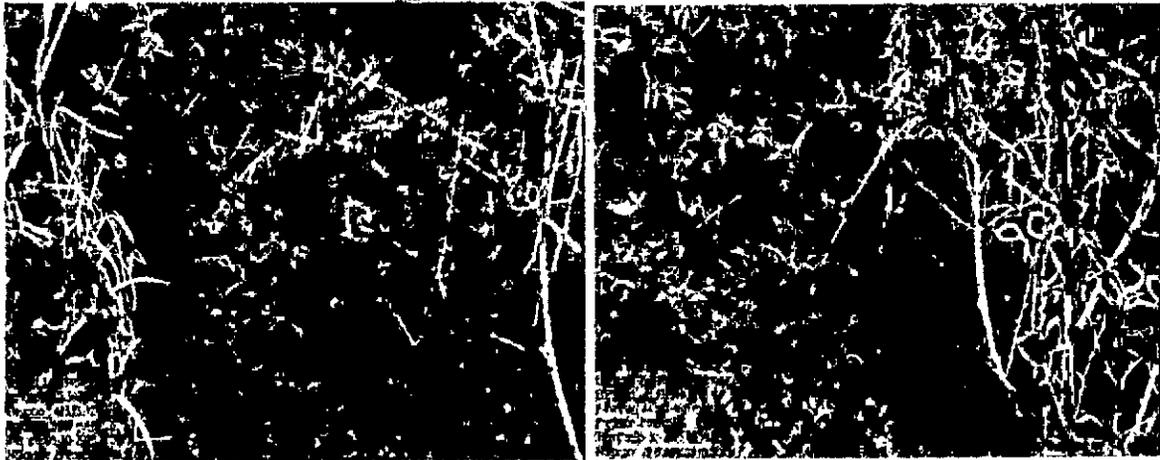


Image 1 y 2. Fuente Hídrica Sin Toponimia.

Es importante mencionar que, durante la visita, no se observaron estructuras construidas; todas las intervenciones se encuentran proyectadas para ser iniciadas una vez se cuente con los permisos ambientales correspondientes.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

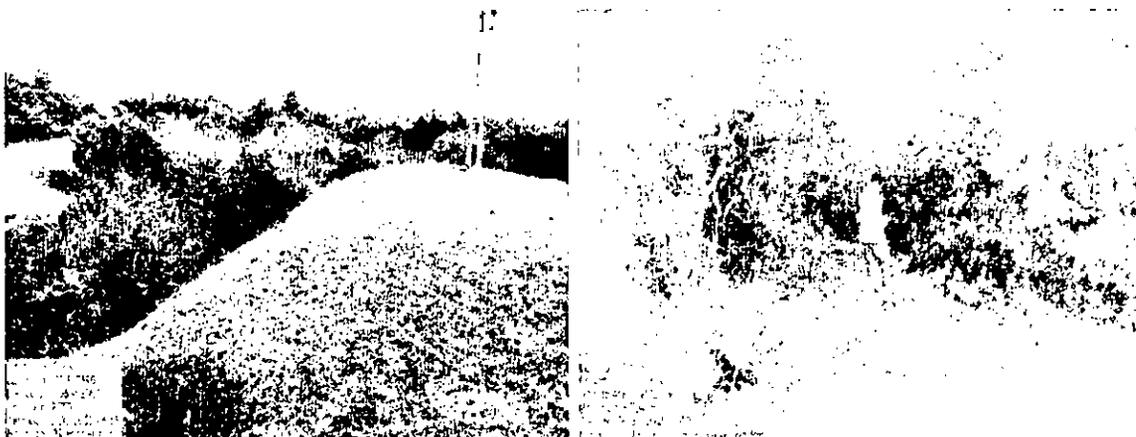


Imagen 3 y 4. Ubicación de la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto".

El sitio de ocupación, donde se llevará a cabo la construcción conforme a la información suministrada por el solicitante y verificada durante la visita técnica —consistente en la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, como parte del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado— estará localizado sobre la fuente hídrica sin toponimia, ubicada en zona rural jurisdicción del municipio de Aipe (H). En el lugar se realizó el correspondiente registro fotográfico y la toma de coordenadas geográficas, determinando su ubicación de la siguiente manera:

Punto	FUENTE HIDRICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
D8	Sin Toponimia	863268	833668

Según la información suministrada por la persona jurídica ECOPETROL S.A., con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, y con apoderado a nombre del señor Carlos Andrés Vidal Zamora, identificado con cedula de ciudadanía No. 80.239.796 expedida en Bogotá D.C. el proyecto "consistente en la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado" conocido dentro del trámite como D8; está proyectado a realizarse de la siguiente manera, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y estudios realizados a la fuente hídrica allegados por el solicitante del permiso y la cual se encuentra dentro del radicado 2025-E-14425 del 05 de junio de 2025 la cual se describe a continuación:

3. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona requerida para tramitar el permiso de ocupación de cauce está definida en la vereda Dina zona rural del municipio de Aipe – Huila. Como se observa a continuación, el área de estudio a nivel de cuenca está definida dentro de la misma Municipio.

Las obras a establecer consisten en la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado, sobre la fuente hídrica Sin Toponimia, en el punto con coordenadas X: 863268 Y: 833668



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

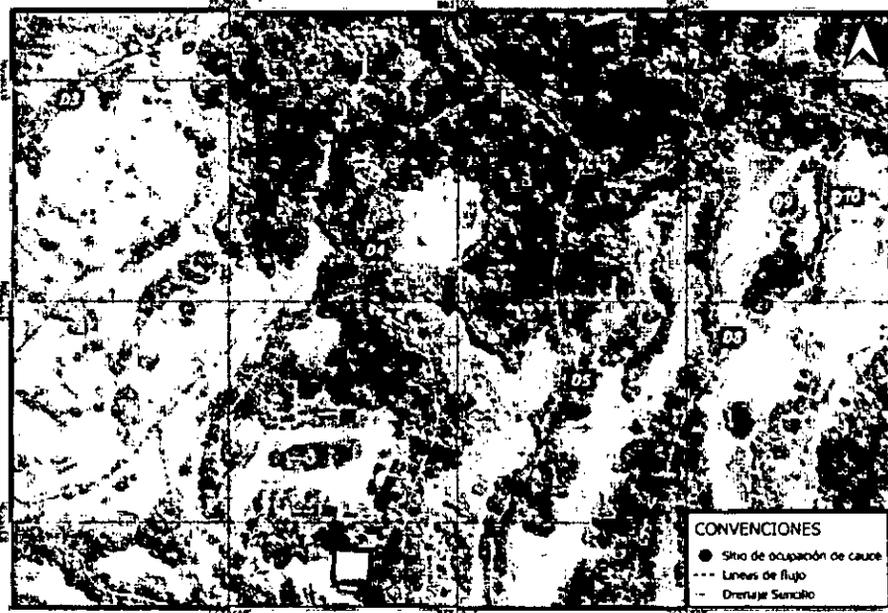
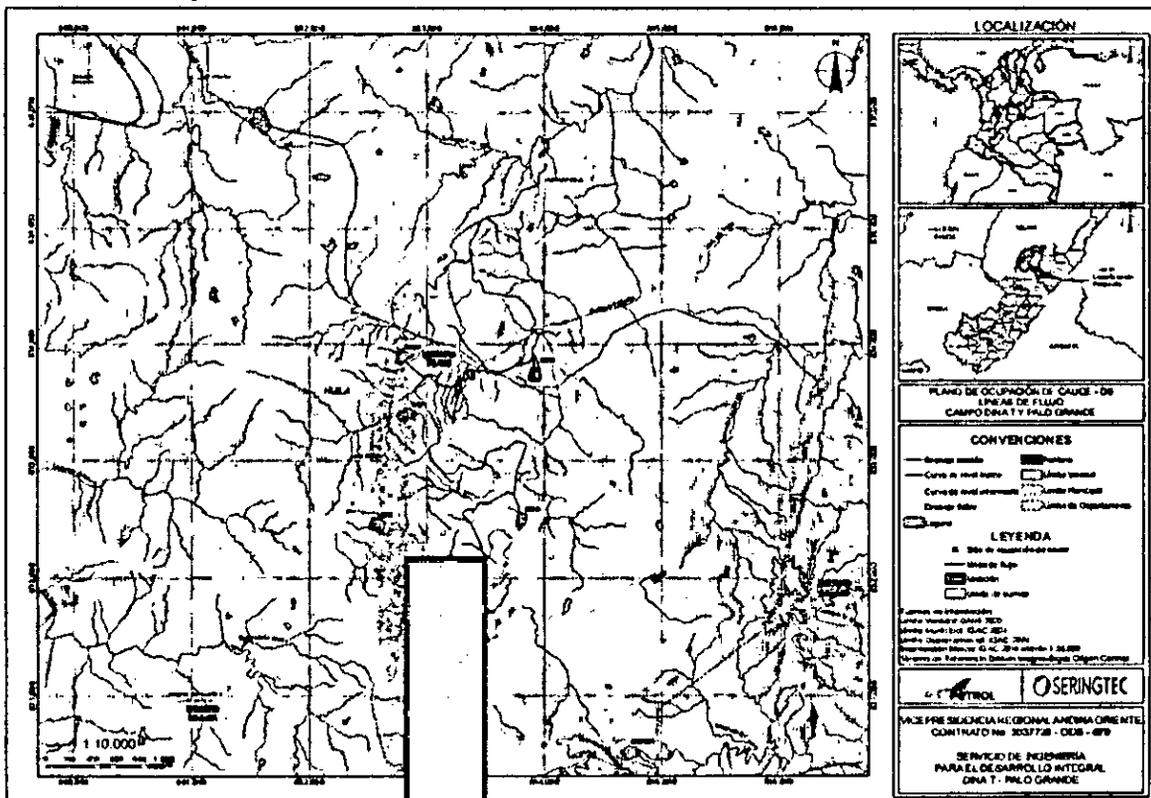


Imagen 5 - Localización del área de estudio.



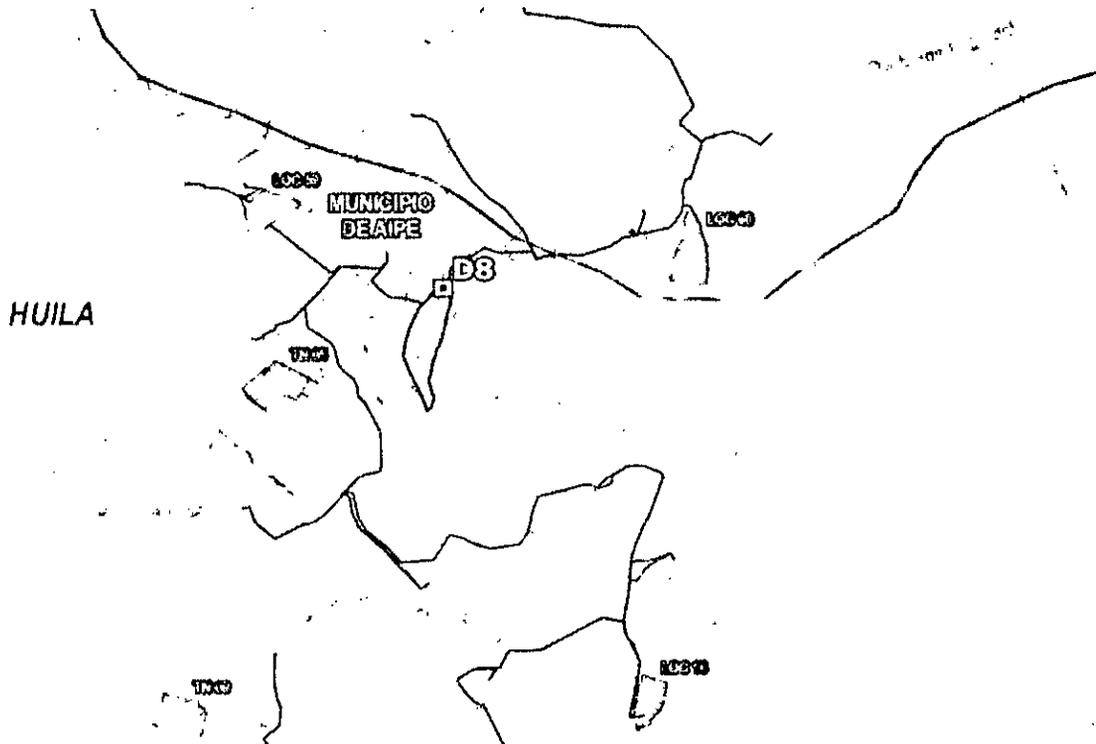


Imagen 6 y 7 - PLANO DE OCUPACIÓN DE CAUCE - D8 LÍNEAS DE FLUJO CAMPO DINA T Y PALO GRANDE

4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS PROYECTADAS

Las ocupaciones de cauces solicitadas en el presente proyecto hacen parte de las actividades de desarrollo de los campos de producción Dina Integrado (Tempranillo, Brisas, Tenay Norte, Dina Terciarios, Dina Cretáceos, Dina Norte), y de los campos Cebú, Pijao y Palogrande, con las cuales Ecopetrol S.A pretende incrementar la producción y sus reservas mediante la intervención de los sistemas de superficie existentes; tales como locaciones de pozos productores e inyectores, redes de recolección de fluidos, estaciones de tratamiento y procesamiento, sistemas de tratamiento e inyección de agua, plantas de tratamiento de gas, generación y distribución eléctrica, redes de producción/inyección a pozos, conexiones a sistemas de evacuación, sistemas asociados a tecnologías de recobro; para lo cual, se desarrolla la ingeniería básica con el objeto de desarrollar las actividades técnicas requeridas para manejar el incremento en los volúmenes de producción de crudo y de inyección de agua requeridos como consecuencia de las intervenciones proyectadas.

Dentro de las actividades de desarrollo del proyecto se contempla: entre otras:

- Perforación de pozos productores e inyectores en locaciones nuevas y existentes.
- Conversión de pozos productores a inyectores.
- Construcción de locaciones nuevas en el campo Palogrande.
- Construcción de vías de acceso a las locaciones nuevas.
- Construcción de líneas de flujo que lleven los fluidos producidos en los pozos productores hacia las baterías existentes (Dina Terciarios en el campo Dina y Cebú en el campo Palogrande).

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- *Instalación de una red de inyección de agua que lleve fluido desde la plantas de inyección de agua de Dina Terciarios y de Palogrande hasta los pozos inyectoros.*

Como producto de las actividades de construcción mencionadas anteriormente y relacionadas, específicamente con la construcción de vías de acceso y de líneas de flujo, se tendrá que intervenir mediante cruces, los cauces de algunas corrientes de agua de la zona.

Las líneas de flujo proyectadas para los campos Dina terciarios, Palogrande y Brisas: tienen como objetivo central conectar los pozos y locaciones nuevas proyectadas para el proyecto, con el fin de conducir la producción de hidrocarburo de estos pozos hasta las baterías Dina T, Cebú y de inyectar agua desde las plantas de inyección de los campos (PIA Cebú, PIA Dina T y Batería Brisas), hacia los pozos definidos para tal propósito.

El diseño proyectado para los corredores de líneas estableció algunos parámetros determinantes para la construcción de los corredores de líneas de flujo; entre los cuales los principales son:

- *El diseño considera corredores de líneas, es decir espacios en los cuales se pueden instalar varias tuberías con base en las necesidades del proyecto (tuberías de producción, anulares, prueba y de inyección); de tal manera que las longitudes de los corredores no reflejan la longitud total de la tubería a instalar.*
- *La condición del proyecto es instalar las tuberías de producción en una primera fase de construcción y en una segunda fase; desplazada de la primera, aproximadamente 2 años después), la instalación de las tuberías de inyección.*
- *Las líneas de flujo se instalarán próximas o paralelas a los corredores de líneas existentes (sobre las tuberías o paralelos).*
- *De igual forma los trazados se proyectan paralelos a las vías de acceso (mejor condición de construcción).*
- *Las tuberías de producción, anulares y prueba; serán en acero al carbón y se instalarán de manera superficial sobre marcos H.*
- *En los marcos H se instalarán las tuberías requeridas en cada tramo de tal manera que en los mismos marcos H pueden instalarse 1, 2, 3, o 4 tuberías de diferentes diámetros.*
- *Las líneas de inyección de agua de 8", serán en tubería metálica con recubrimiento interno y se instalarán de manera superficial sobre marcos H.*
- *Las tuberías de inyección de agua de 4" y 6" serán en tubería flexible (HDPE) y se instalarán:*
 - ✓ *De manera enterrada (1.20 m a la cota clave) en la mayor parte de los trazados.*
 - ✓ *De manera superficial en camisa metálica, en los sitios de cruces de corrientes menores y secundarias.*
 - ✓ *De manera superficial sobre marcos H en camisa metálica, en los sectores que sea necesario técnicamente (Hondonadas naturales, tramos de empalmes y sectores de dificultad constructiva).*

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- ✓ Las tuberías de inyección en los tramos superficiales (en camisa metálica), utilizarán los mismos marcos H de las tuberías de producción.

Corredores de líneas de flujo campo Dina Terciarios

Las líneas proyectadas en el campo Dina Terciarios, básicamente se refiere a la inyección de agua a pozos existentes en las diferentes locaciones distribuidas en el área, para lo cual se proyecta la instalación de nuevas tuberías (3" y 6" de diámetro). La instalación de estas tuberías se proyecta generalmente sobre corredores de tuberías existentes, en zonas aledañas a las vías existentes y en bajo porcentaje en corredores nuevos.

La instalación de las tuberías de inyección se proyecta de manera superficial, sobre soportes metálicos tipo marcos H. Los cruces de drenajes menores y secundarios requeridos para la instalación de los nuevos tubos serán adecuados mediante pasos aéreos en estructuras metálicas, tipo marcos H, para cruces de corrientes menores y en estructuras metálicas un poco más robustas (mayor altura y longitud), para los cruces clasificados como secundarios. Las estructuras metálicas constan de soportes en las márgenes del cauce, desde los cuales se soporta la tubería por medio de cables metálicos que se integran a la estructura del cruce.

La proyección de las líneas de flujo, principalmente líneas de inyección de agua, tiene como punto central la planta de inyección de agua (PIA) del campo, ubicada en el sector centro – oriental del área, en la cual se disponen de los equipos requeridos para el manejo del volumen de inyección y del envío del caudal requerido de agua hacia los diferentes pozos del campo; de tal manera que todas las líneas existentes y proyectadas en sus troncales principales inician en el área de la PIA con tuberías de diámetro de 6" y ramales (tuberías de menor diámetro 3" a 4"), que se conectan a dichas troncales o a las troncales existentes para la inyección a los diferentes pozos.

En el área de Dina T, están instaladas tuberías troncales y ramales de inyección que se concentra en la parte central del campo Dina T, en proximidades de la PIA y de la batería Dina T. El proyecto busca ampliar la inyección de agua a pozos existentes en el sector Norte y Sur del campo.

La instalación de las líneas de flujo requiere el paso de las tuberías por las corrientes de agua naturales reportadas en la zona, de tal manera que las tuberías en estos sitios de cruce se instalarán de manera superficial sobre estructuras metálicas.

Imagen 8 - Líneas de flujo campo Dina Terciario y sitios de ocupación de cauces



Estructura definida cruce menor D8:

La línea de flujo cruzará el cauce en el punto D8 de manera elevada y se apoyará mediante soportes marcos H. La superestructura de los soportes está compuesta por perfiles de acero al carbón A53 grado B SCH 40, los cuales soportan las cargas provenientes de la tubería de inyección de agua en los sectores de escorrentía o depresiones naturales del terreno. La longitud entre soportes varía entre 6 y 8 m. La cimentación de los soportes de tubería consiste en un dado en concreto reforzado con una profundidad variable y una resistencia mínima a la compresión de 21,0 MPa, la cual garantiza la estabilidad general de la estructura. A continuación, se presenta un esquema en planta y perfil del cruce D8. Para mayor detalle de la obra a implementar véase el plano "DNC-03100-CIV-PL-000006_ANEXO 6_CRUCE D8" en el Anexo 6.

Figura. Planta de localización cruce D8

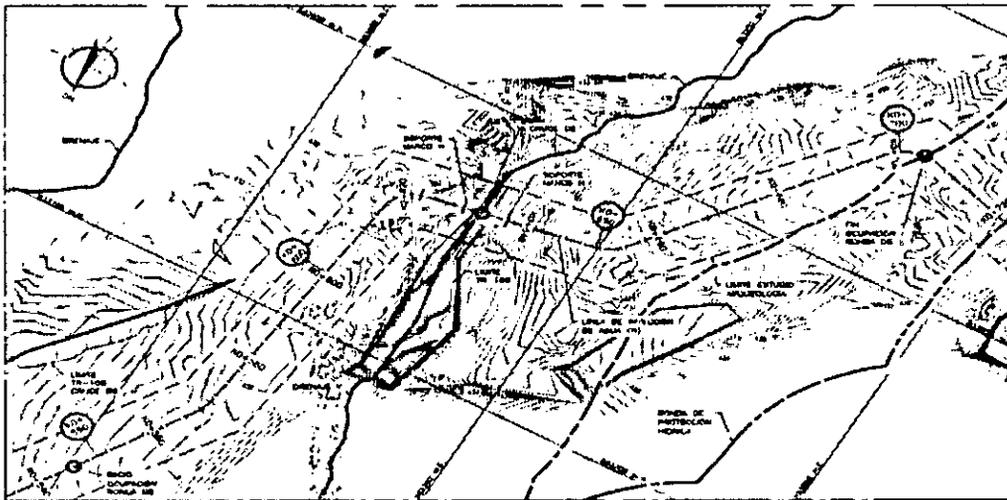
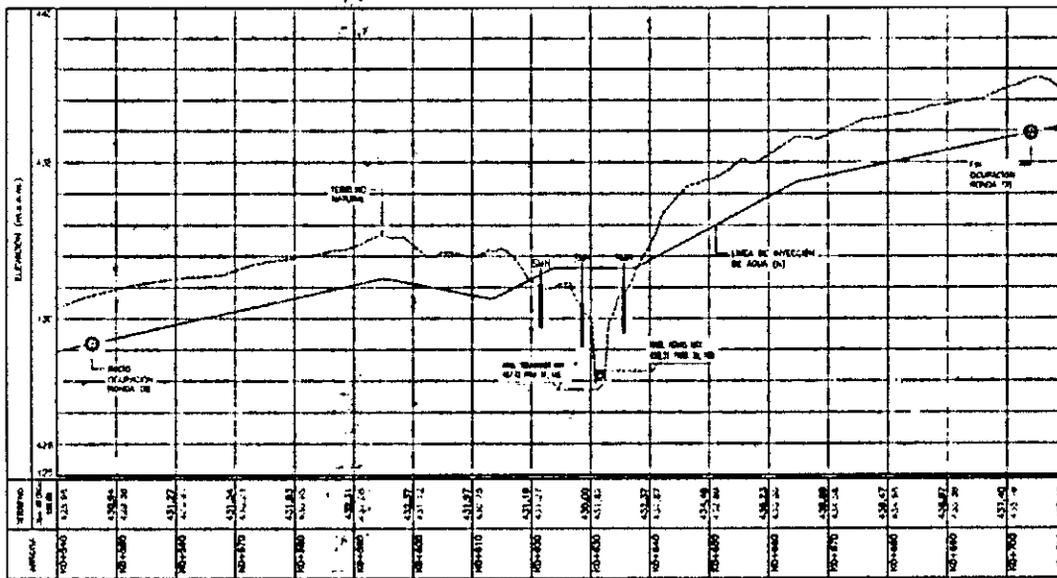


Figura. Perfil cruce D8



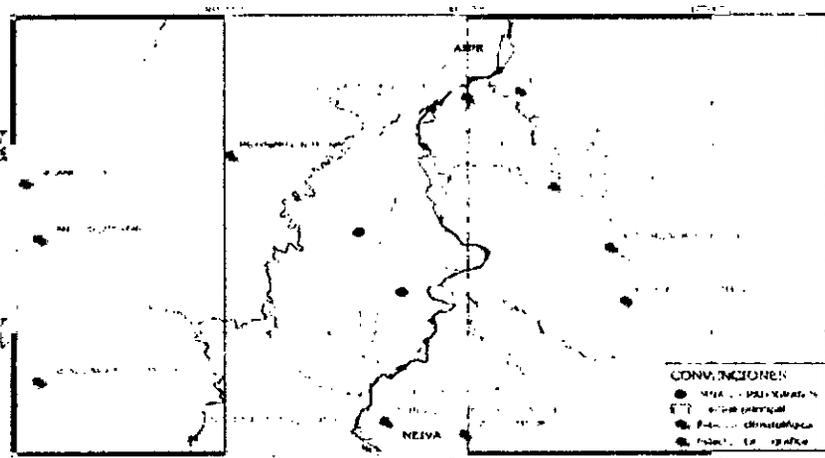
	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

5. ESTUDIO DE HIDROLOGIA

Con el objetivo de lograr una caracterización climatológica y de precipitación del área de estudio, se identificaron las estaciones hidrometeorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), ubicadas en la zona de influencia del proyecto y áreas vecinas. En la Figura se presenta la ubicación de las estaciones consultadas y en la

Tablase presentan sus características principales.

Figura 9. Localización estaciones hidrometeorológicas



Fuente: Adaptada información del IDEAM

Tabla. Estaciones hidrometeorológicas

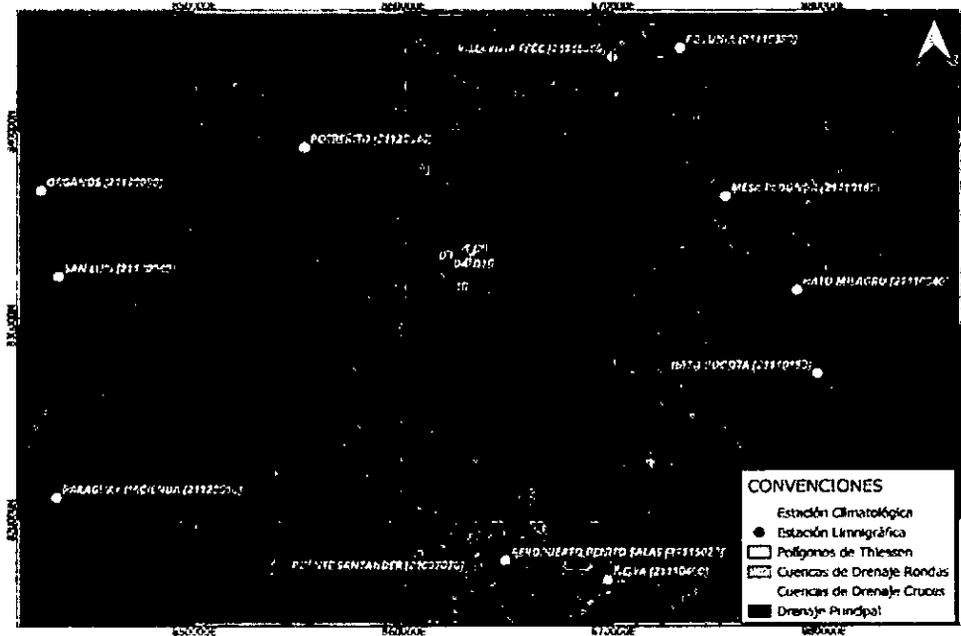
Código	Nombre	Tipo	Depto.	Municipio	Latitud N	Longitud O	Altitud m.s.n.m	Año Inicio
21097070	PUEBLO SANTANDER	LG	Huila	Neiva	2,94	-75,31	431	1960
21120040	POTRERITO	PM	Huila	Aipe	3,14	-75,38	850	1989
21115020	AEROPUERTO BENITO SALAS	SS	Huila	Neiva	2,95	-75,29	439	1930
21115080	VILLAVIEJA FFCC	CO	Huila	Villavieja	3,18	-75,25	430	1964
21110160	MESA REDONDA	PM	Huila	Tello	3,12	-75,20	500	1969
21110040	HATO MILAGRO	PM	Huila	Tello	3,07	-75,17	548	1971
21110180	HATO BOGOTA	PM	Huila	Tello	3,04	-75,16	591	1969
21110460	NEIVA	PM	Huila	Neiva	2,94	-75,25	516	2010
21120010	PARAGUAY HACIENDA	PM	Huila	Palermo	2,98	-75,49	1300	1986
21130040	SAN LUIS	PM	Huila	Neiva	3,08	-75,48	1140	1971
21130080	ORGANOS	PM	Huila	Neiva	3,12	-75,49	800	1973
21110330	POLONIA	PM	Huila	Villavieja	3,19	-75,22	429	1965

Fuente: Adaptada información del IDEAM.

Para determinar el área de influencia de cada una de las estaciones consultadas, se utilizó el método de polígonos de Thiessen. Con base en este análisis se puede evidenciar que la estación que tiene mayor influencia en la zona de estudio es la estación Potrerito (Código IDEAM: 21120040).

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Figura 10. Polígonos de Thiessen



Fuente: Adaptada información del IDEAM.

Para la caracterización climatológica de la zona de estudio, se tomaron como base los resultados obtenidos del estudio hidrológico presentado en el documento "ECP-USU-21201-GDH-IC01-0-CIV-ES-004-1 Estudio de Hidrología e Hidráulica. Ingeniería Desarrollo Integrado Dina T y Palogrande, Cebú, Pijao", elaborado por la empresa Wood en el año 2022.

CLIMA

La caracterización climatológica desarrollada en el documento "ECP-USU-21201-GDH-IC01-0-CIV-ES-004-1" se basó en los datos de la estación climatológica ordinaria Villavieja FFCC (Código IDEAM: 2115080) y la estación sinóptica secundaria Aeropuerto Benito Salas (Código IDEAM: 2115020), las cuales son las que cuentan con el registro de datos más completo y de mayor periodo en cercanías a la zona del proyecto.

TEMPERATURA

De los registros de temperaturas medias mensuales multianuales, se evidencia que los periodos con mayores temperaturas medias en la zona se presentan entre los meses de agosto y septiembre, con valores entre 28.8 y 29,0 °C. Las temperaturas medias más bajas se presentan en los meses de noviembre y diciembre, con valores que oscilan entre los 26,9 y 27,3 °C. Los valores medios anuales son de 27,8 °C para la estación Aeropuerto Benito Salas y 27,9 °C para la estación Villavieja FFCC.



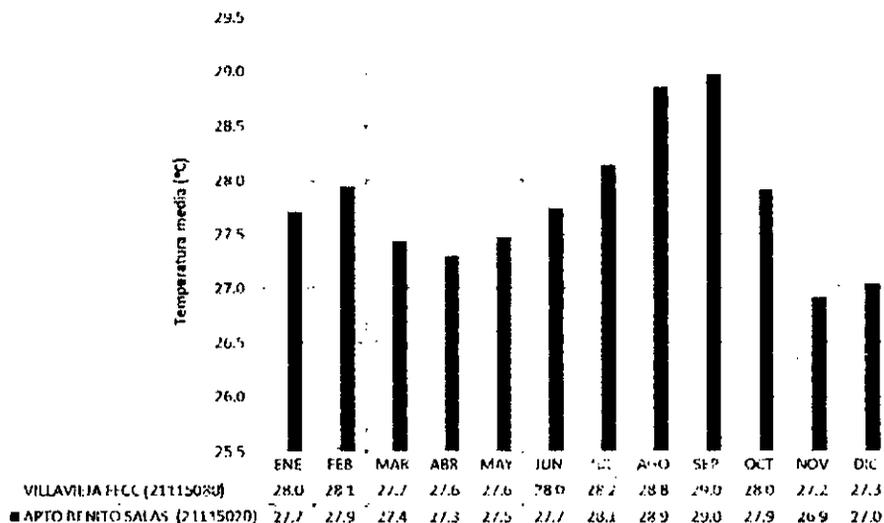
RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

Figura 11. Temperatura media

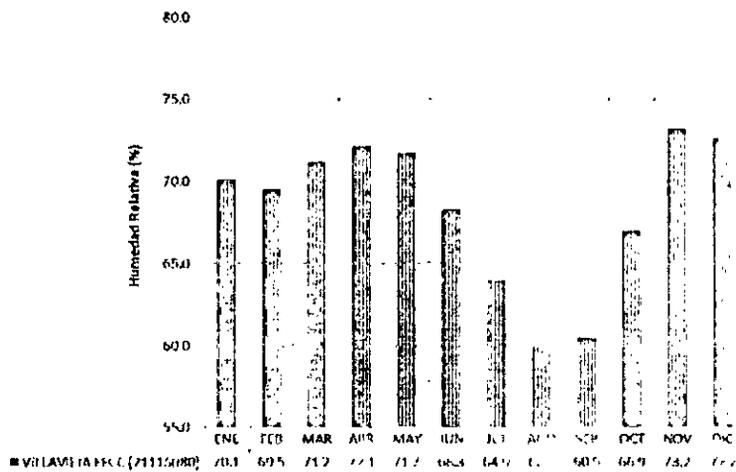


Fuente: Wood, 2022.

HUMEDAD RELATIVA

Los registros de humedad relativa muestran las mayores humedades en los meses de marzo a mayo, con valores entre 71,2% y 72,1%, y de noviembre a diciembre, con valores de 73,2% a 72,7%. De esta manera, se observa un comportamiento bimodal. Los registros de humedad relativa indican que los valores promedio históricos alcanzados varían entre 60% y 73,2%.

Figura 12. Humedad relativa

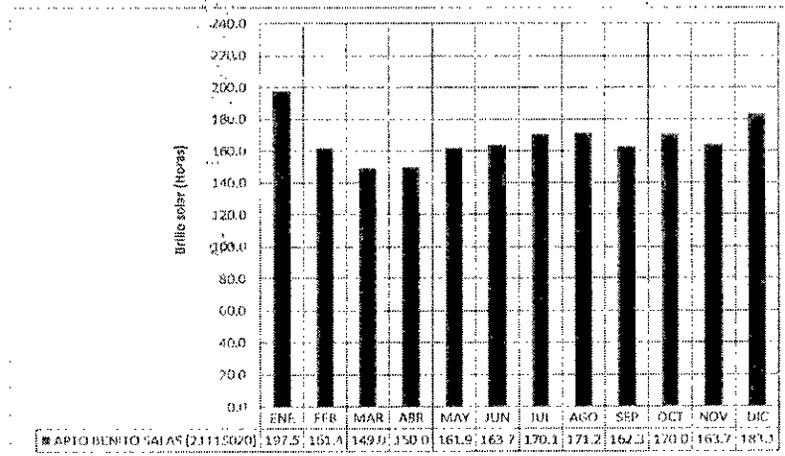


Fuente: Wood, 2022.

Brillo solar

El brillo solar se mide por las horas en las que se observa el sol en un sitio determinado, y se registra automáticamente en las estaciones climatológicas. En la figura se muestran valores típicos de la variación del brillo solar medio mensual multianual, donde se evidencia que los meses de enero, agosto y diciembre presentan el mayor número de horas. El rango de variación del brillo solar medido en la estación se encuentra entre 149 y 197,5 horas mensuales promedio.

Figura 13. Brillo solar

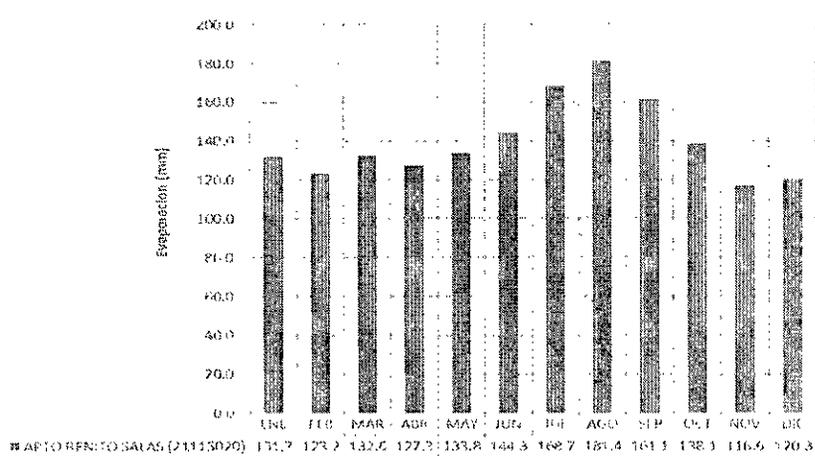


Fuente: Wood, 2022.

Evaporación

En la Figura se puede inferir que la evaporación promedio mensual es del orden de 139.9 mm. Los periodos con mayor evaporación promedio en la zona coinciden con los periodos secos de la zona de estudio, son los meses de julio y agosto con valores de 168.7 mm y 181,4 mm, respectivamente. El rango de variación de la evaporación media en la estación Aeropuerto Benito Salas se encuentra entre 116,6 y 181,4 mm.

Figura 14. Evaporación

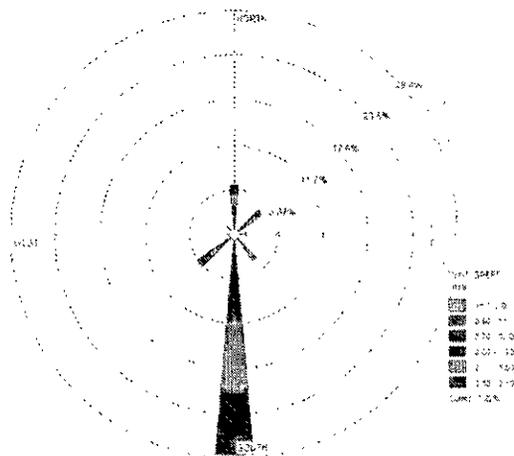


Fuente: Wood, 2022.

VIENTOS

Como se presenta en la Figura , la tendencia predominante del viento en la zona se presenta en dirección sur (S) hacia el norte (N).

Figura 15. Rosa de los vientos- Estación Aeropuerto Benito Salas



Fuente: Wood, 2022.

ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

El análisis de precipitaciones se basó en la estación pluviométrica Potrerito (Código IDEAM: 21120040). Los datos de dicha estación se utilizaron para definir los valores mensuales, promedio y máximos de precipitación. En la carpeta "03 HOJAS DE CALCULO" del Anexo 2, se encuentra el archivo de análisis de la precipitación para esta estación.

LLENADO DE DATOS FALTANTES

Para completar las series de tiempo de información hidrometeorológica de la estación consultada, se generaron aleatoriamente los valores faltantes. Los valores completados se generan estocásticamente como la suma entre el valor promedio mensual ($\bar{X}_{(m)}$) de los años

con el mismo régimen hidrológico y la desviación estándar (σ) de toda la muestra de datos mensuales, afectada por un número aleatorio de distribución normal. La siguiente ecuación representa esta relación:

$$\hat{X}_i = \bar{X}_m + \sigma \cdot \xi$$

Donde:

\hat{X}_i : Valor faltante estimado para el mes i

\bar{X}_m : Valor promedio de la serie mensual

σ : Desviación estándar de toda la muestra del mes correspondiente

ξ : Número aleatorio con distribución normal, calculado mediante la ecuación de Box y Muller:

$$\xi = \left(\ln \frac{1}{u_1} \right)^{1/2} \cdot \cos(2\pi u_2)$$

Donde:

u_1 y u_2 : Números aleatorios de una distribución uniforme con intervalo 0 a 1

Análisis de consistencia y homogeneidad

Luego de realizar el llenado de datos faltantes, se procede a realizar un análisis de homogeneidad y consistencia, el cual se evalúa mediante las pruebas estadísticas de t-student y distribución F. Para esto, se requiere dividir la totalidad de la muestra de datos en dos subperiodos de longitudes similares y, posteriormente, determinar los parámetros estadísticos de promedio y varianza en ambos subperiodos. En la prueba de homogeneidad, se evalúa si la muestra es homogénea en promedio y luego si es homogénea en varianza, como se presenta a continuación.

- Homogeneidad en promedio:

$$t = \left| \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{(m_1 + m_2)/(m_1 \cdot m_2)}} \right|$$

Donde:

t : Parámetro que determina la homogeneidad en promedio de la muestra.

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Promedio de los subperiodos 1 y 2, respectivamente.

m_1 y m_2 : Tamaño de las muestras 1 y 2, respectivamente.

Si $t > 1.65$, se tiene que, para un nivel de confianza del 95%, la muestra es no homogénea en promedio.

- Homogeneidad en varianza

$$T = \frac{\sigma_1^2(m_1/(m_1 - 1))}{\sigma_2^2(m_2/(m_2 - 1))}$$

Donde:

T : Parámetro que determina la homogeneidad en varianza de la muestra.

σ_1^2 y σ_2^2 : Varianza de los subperiodos 1 y 2, respectivamente.

Si T es mayor a un coeficiente C , que depende de la cantidad de registros en cada subperiodo, se afirma que la muestra es no homogénea en varianza.

Tabla. Análisis de homogeneidad y consistencia estación Potrerito

Subperiodo	% Datos	# Datos	Promedio	Varianza	Desviación	t	T	C	Revisión de homogeneidad
1	20%	7	147,0	17017,6	130,5	1,0	0,0	3,3	Homogénea en varianza
	80,0%	27	150,7	19654,7	140,2	3	7	9	Homogénea en promedio
2	40%	14	148,4	15316,3	123,8	1,0	0,0	2,3	Homogénea en varianza
	60,0%	20	144,6	14702,8	121,3	7	9	9	Homogénea en promedio

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

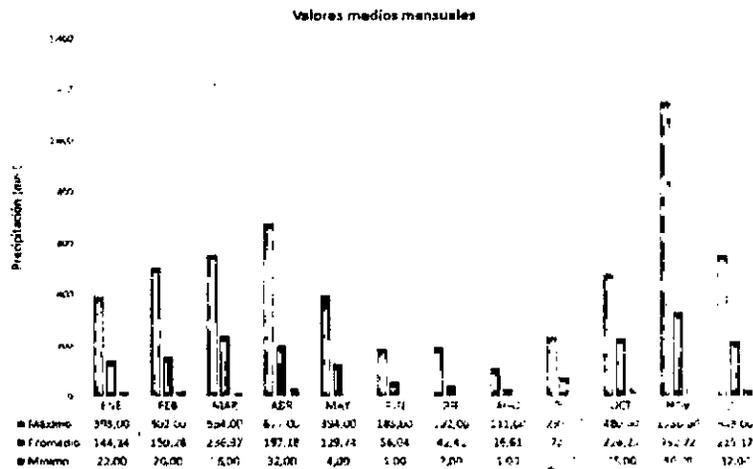
Subperiodo	% Datos	# Datos	Promedio	Varianza	Desviación	T	t	C	Revisión de homogeneidad
3	60%	21	145,2	15133,2	123,0	1,1	0,1	2,2	Homogénea en varianza
	40,0%	13	150,1	16088,2	126,8	0	1	3	Homogénea en promedio
4	80%	28	149,8	19503,2	139,7	1,0	0,0	2,4	Homogénea en varianza
	20,0%	6	150,7	18078,1	134,5	7	1	5	Homogénea en promedio

Luego de confirmar su homogeneidad y consistencia, se procede a procesar la información para obtener el comportamiento de la precipitación media, el análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas y las curvas IDF.

PRECIPITACIÓN

En la Figura , se presentan las precipitaciones mínimas, medias y máximas promedios mensuales multianuales para la estación aledaña a la zona de estudio. En esta se identifica un régimen de precipitaciones bimodal, con picos de lluvia en los meses de febrero a abril y octubre a diciembre, y un periodo seco de junio a septiembre. El valor promedio de precipitación total anual de la estación Potrerito es de 1838,77 mm.

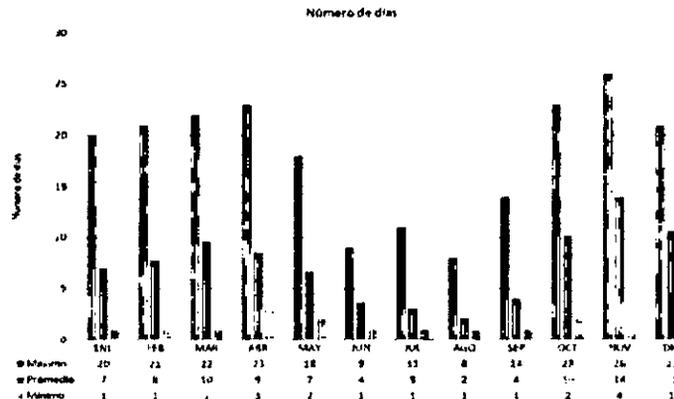
Figura 16. Precipitación media, mínima y máxima mensual para la estación Potrerito



Números de días con lluvia

En la Figura 1 se presenta el promedio multianual del número de días con precipitación para la estación de estudio, de la cual se puede evidenciar que los meses con mayor número de días de lluvia corresponden a los periodos de marzo a abril, y octubre a diciembre, con entre 9 y 14 días con lluvia. En general, para el resto del año se presentan valores promedio entre 2 y 8 días con lluvia.

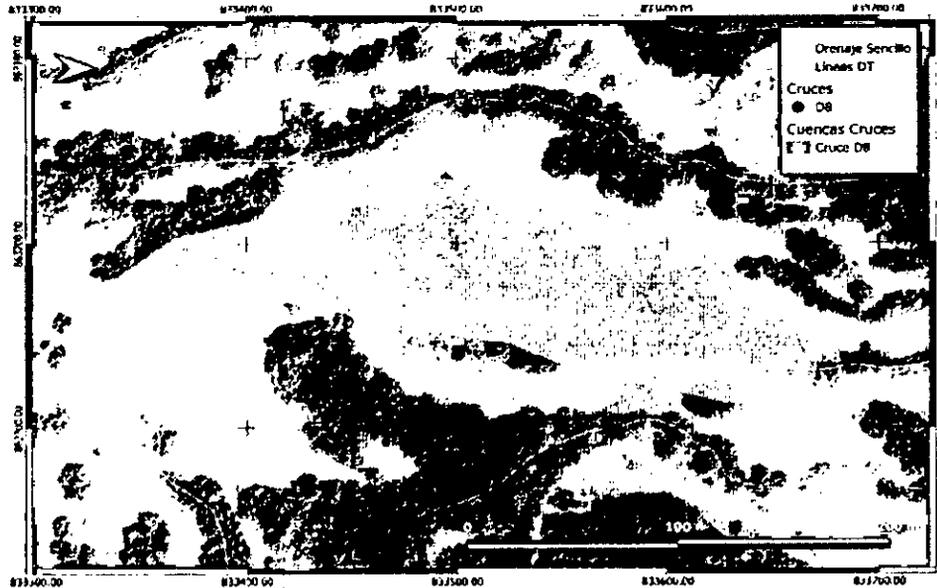
Figura 117. Número de días con lluvia para la estación Potrerito



MORFOMETRÍA DE LAS CUENCAS

Para la delimitación de cuencas se utilizó un modelo de elevación obtenido del satélite ALOS-PALSAR, el cual fue corregido para evitar puntos sumideros utilizando herramientas de GIS, donde se ubicaron los drenajes principales de ocupación de cauce. En las siguientes figuras se presenta la delimitación de cuencas, junto con la localización de los diferentes sitios donde se presentan cruces con las estructuras proyectadas. (Delimitación cuenca cruce D8):

Figura 18. Delimitación cuenca cruce D8



En las siguientes figuras se muestra la delimitación de cuencas para las ocupaciones por ronda. A continuación, se describen cada uno de los parámetros morfométricos analizados, con el fin de estimar el comportamiento de las cuencas ante una creciente.

Factor de forma

Determina la relación existente entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca, km²

L: Longitud axial de la cuenca

Coeficiente de compacidad

El coeficiente de compacidad se define por la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo (de radio R) que tiene la misma área que la cuenca hidrográfica. El grado de aproximación a la unidad indicará la tendencia a concentrar altos volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad. Esto quiere decir cuanto más bajo sea el coeficiente de compacidad, mayor será la concentración de agua debido a la simetría de la cuenca.

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca, km

A: Área de la cuenca, km²

Tabla. Clasificación cuencas por índice de compacidad

Clase de forma	Índice de compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1 - 1,25	Casi redondeada a oval - redondeada
Clase II	1,26 - 1,5	Oval - redondeada a oval oblonga
Clase III	1,5 a más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Campos, 1992.

Pendiente media del cauce principal

La pendiente media del cauce se considera como el cociente entre la diferencia en elevación entre el punto más alto y el punto más bajo del río y su longitud. Esta definición se aproxima más al valor real cuando se reduce la longitud del tramo analizado. Debido a esto, se aplica el criterio de Taylor y Schwarz (1952), que considera al río como una serie de canales con pendiente uniforme. Se divide el cauce principal en "m" tramos de igual longitud y se calcula la pendiente media con la siguiente ecuación:

$$S = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce

S_n: Pendiente media en el tramo considerado

m: Número de segmentos iguales en los que se divide el cauce principal, m=L/Δx

L: Longitud total del cauce

Densidad de drenaje

Este factor se define como la relación entre la longitud total de la red de drenaje y la superficie de la cuenca. Es un indicador que determina la disponibilidad hídrica de la cuenca. Entre mayor sea el

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

valor de densidad de drenaje, más eficiente será la red hídrica, lo que permite grandes volúmenes de escurrimiento y mayores velocidades del flujo.

$$Dd = \frac{\sum L_i}{A}$$

Tabla. Clasificación según la densidad de drenaje

Rangos de densidad (Km/Km ²)	Clase
0,1 - 1,8	Baja
1,9 - 3,6	Moderada
Mayor a 3.7	Alta

Fuente: Hernández, 2006.

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en recorrer una gota de agua que cae en el punto hidráulicamente más lejano hasta el punto de salida de la cuenca, lo cual significa que mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con escorrentía superficial en una sección determinada. Este es uno de los parámetros más importantes para lograr predecir el tiempo de respuesta de una cuenca frente a un evento de lluvia, siendo una pieza clave para los modelos de simulación lluvia-escorrentía.

Para la determinación se usaron 10 metodología distintas, las cuales se describen a continuación.

- Kirpich

$$T_c = 0,006628 \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración, horas
- L: Longitud del cauce principal, km
- S: Pendiente media del cauce principal, m/m

- Temez

$$T_c = 0,30 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración, horas
- L: Longitud del cauce principal, km
- S: Pendiente media del cauce principal, m/m

- Bransby-Williams

$$T_c = 0,605 \left(\frac{L}{A^{0,1} (100 S)^{0,2}} \right)$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración, horas
- L: Longitud del cauce principal, km
- S: Pendiente media del cauce principal, m/m
- A: Área de la cuenca, km²

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- Williams

$$T_c = \frac{0,272 L A^{0.4}}{D S^{0.2}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

S: Pendiente media del cauce principal, m/m

A: Área de la cuenca, km²

D: Diámetro equivalente, km²

- Johnstone y Cross

$$T_c = 3,258 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.50}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

S: Pendiente media del cauce principal, m/m

- Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + \frac{3}{2}L}{0,80\sqrt{H_m}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

A: Área de la cuenca, km²

Hm: Altitud media de la cuenca, m

- SCS-Ranser

$$T_c = 0,947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

H: Diferencia de cotas en los extremos del cauce principal, m

- Ventura

$$T_c = \frac{4 A^{0.5} L^{0.5}}{H^{0.5}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

A: Área de la cuenca, km²

H: Diferencia de cotas en los extremos del cauce principal, m

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- V.T. Chow

$$T_c = 0,1602 \frac{L^{0,64}}{S^{0,32}}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

S: Pendiente media del cauce principal, m/m

- USACE

$$T_c = 0,191 \frac{L^{0,76}}{S^{0,19}}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, horas

L: Longitud del cauce principal, km

S: Pendiente media del cauce principal, m/m

Debido a la diferencia que presentan los resultados obtenidos por las diferentes metodologías y, para evitar que el tiempo de concentración se vea afectado por valores extremos, se tomó la decisión de descartar los resultados que se alejan de la magnitud media de las ecuaciones utilizadas y, finalmente, el parámetro se definió como el promedio de los valores restantes. No obstante, con el fin de no generar sobreestimaciones en el cálculo de la intensidad de lluvia, se limitó el valor mínimo del tiempo de concentración a 15 minutos.

Resultados:

En la tabla se presentan los resultados obtenidos en el cálculo de cada uno de los parámetros descritos para las cuencas de drenaje de las ocupaciones de cauce por cruce. En la carpeta "03 HOJAS DE CALCULO" del Anexo 2, se encuentra el archivo "Parámetros Cuencas", en el cual se muestra el soporte del cálculo.

Tabla. Parámetros morfométricos de las cuencas de ocupación de cauce por cruce

CUENCA	Área (km ²)	Long cauce (km)	Pendiente media (%)	Coeficiente de compacidad, Kc		Factor de forma de Horton, F		Densidad de drenaje, Dd		Tiempo de concentración T _c	
										Calculado	Adoptado
D3	1,540	2,08	6,78	1,75	CLASE III	0,35	Ligeramente alargada	8,03	Alta	37,66	37,66
D4	0,062	0,57	3,66	1,60	CLASE III	0,19	Muy alargada	17,10	Alta	14,57	15,00
D5	0,025	0,37	4,64	1,57	CLASE III	0,19	Muy alargada	20,80	Alta	9,73	15,00
D8	0,022	0,38	4,48	1,50	CLASE III	0,15	Muy alargada	22,27	Alta	10,07	15,00
D9	0,002	0,03	3,15	1,32	CLASE II	1,99	Rodeando el desagüe	15,87	Alta	1,88	15,00
D10	0,034	0,41	6,11	1,51	CLASE III	0,20	Muy alargada	25,59	Alta	9,82	15,00

En tabla se presentan los resultados obtenidos en el cálculo de cada uno de los parámetros descritos para las cuencas de drenaje de las ocupaciones de cauce por ronda hídrica. En la carpeta "03 HOJAS

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

DE CALCULO", se encuentra el archivo "Parámetros Cuencas – Rondas", en el cual se muestra el soporte del cálculo.

Tabla. Parámetros morfométricos de las cuencas de ocupación por ronda hidrica

CUENCA	Área (km²)	Long cauce (km)	Pendiente media (%)	Coeficiente de compacidad, Kc		Factor de forma de Horton, F		Densidad de drenaje, Dd		Tiempo de concentración Tc	
										Calculado	Adoptado
4	0,010	0,15	2,61	1,21	CLASE I	0,43	Ni alargada ni ensanchada	15,31	Alta	6,04	15,00
10	1,510	1,84	1,69	1,57	CLASE III	0,45	Ni alargada ni ensanchada	12,38	Alta	46,31	46,31

ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

Para las cuencas de estudio no se encontró información hidrométrica, por lo tanto, se utilizó un modelo de lluvia-escorrentía para la determinación de los caudales de diseño a partir de la información de precipitación de la estación Potrerito. A continuación, se presenta la descripción de la metodología utilizada.

Método Racional

Considerando que las áreas de drenaje del presente estudio son inferiores a 2,50 km², los caudales de diseño se calcularon mediante el método racional, dado que este es uno de los métodos más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a una determinada lluvia de diseño. El caudal se estima en función del área de la zona de influencia, la intensidad de precipitación y el coeficiente de escorrentía del suelo, mediante la siguiente fórmula.

$$Q = 0,278 * C * I * A$$

Donde:

Q : Caudal, m³/s

C : Coeficiente de escorrentía, adimensional

I : Intensidad de lluvia, mm/h

A : Área de la cuenca, km²

El coeficiente de escorrentía se determinó de acuerdo con las condiciones fisiográficas del área de estudio (cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo). Ver Figura .

Figura 21. Valores de coeficiente de escorrentía

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 %.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Fuente: INVIAS, 2009.

En la Tablase presentan los valores de los parámetros establecidos para cada una de las cuencas de drenaje de las ocupaciones de cauce por cruce.

Tabla. Parámetros para cuencas de ocupación de cauce por cruce

Cuenca	C	Área (km ²)	Intensidades (mm/h)					
			TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
D3	0,35	1,540	73,91	87,96	100,34	119,42	136,24	155,41
D4	0,30	0,062	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69
D5	0,30	0,025	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69
D8	0,30	0,022	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69
D9	0,30	0,002	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69
D10	0,35	0,034	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69

En la siguiente Tablase presentan los valores de los parámetros establecidos para cada una de las cuencas de drenaje de las ocupaciones por ronda hídrica.

Tabla. Parámetros para cuencas de ocupación por ronda hídrica

Cuenca	C	Área (km ²)	Intensidades (mm/h)					
			TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
4	0,30	0,010	134,44	160,00	182,52	217,23	247,81	282,69
10	0,30	1,510	64,60	76,89	87,71	104,39	119,09	135,85

A continuación, en la tabla se muestran los caudales estimados para diferentes periodos de retorno para las cuencas de ocupación de cauce por cruce. En la carpeta "03 HOJAS DE CALCULO" del Anexo 2, se encuentra el archivo "Curvas IDF (Resumen) y Caudales", en el cual se muestra el soporte del cálculo de estos.

Tabla. Caudales para cuencas de ocupación de cauce por cruce

Cuenca	Caudal (m ³ /s)					
	TR 2.33	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
D3	11,07	13,18	15,04	17,89	20,41	23,29
D4	0,70	0,83	0,94	1,12	1,28	1,46
D5	0,28	0,33	0,38	0,45	0,52	0,59
D8	0,25	0,29	0,33	0,40	0,45	0,52
D9	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
D10	0,44	0,53	0,60	0,72	0,82	0,94

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

En la Tabla se muestran los caudales estimados para diferentes periodos de retorno para las cuencas de ocupación por ronda hídrica. En la carpeta "03 HOJAS DE CALCULO" del Anexo 2, se encuentra el archivo "Curvas IDF (Resumen) y Caudales", en el cual se muestra el soporte del cálculo de estos.

Tabla. Caudales para cuencas de ocupación por ronda hídrica menores a 2,50 Km²

Cuenca	Caudal (m ³ /s)					
	TR 2.33	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
4	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24
10	8,14	9,68	11,05	13,15	15,00	17,11

6. ESTUDIO DE HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Una vez obtenidos los caudales de diseño para los diferentes periodos de retorno, se realizaron los análisis hidráulicos requeridos para verificar el comportamiento hidráulico de los cauces.

ESTUDIO HIDRÁULICO

Para el desarrollo del análisis hidráulico se utilizó el software HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos (USACE), el cual está diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales o bidimensionales para una red completa de canales o cauces. Para ello, se obtuvieron insumos tales como las secciones transversales de las corrientes, las cuales se generaron a partir de la topografía y batimetría levantada para las diferentes zonas de estudio. De esta forma se obtuvo un modelo de terreno unificado, debidamente amarrado en cotas y representativo del entorno.

Parámetros del modelo HEC-RAS

Para la calibración de los modelos hidráulicos se requirió la definición de parámetros de los cauces, como el coeficiente de rugosidad de Manning y las condiciones de frontera. Estos parámetros dependen de las condiciones actuales del terreno. Por lo tanto, las geometrías para la construcción de los modelos se complementaron con base en la información secundaria y recolectada en campo.

Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad de Manning se estimó a través del método de Cowan (1956), el cual estima un valor de rugosidad teniendo en cuenta los factores primarios que afectan el movimiento del cauce, como son: las características del material del cauce, las irregularidades de la superficie, las variaciones de la sección transversal, la presencia de obstáculos, la vegetación y la sinuosidad del cauce, tal como se presenta en la siguiente ecuación.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

Donde:

- n_0 : Características del material del cauce
- n_1 : Grado de irregularidad de la superficie
- n_2 : Variaciones de la sección transversal
- n_3 : Presencia de obstáculos
- n_4 : Presencia de vegetación
- n_5 : Factor de sinuosidad del cauce

Con base en las características observadas en campo, se estableció el coeficiente de rugosidad de Manning para cada cauce. En el archivo "Manning PR-2", ubicado en la carpeta "HEC_RAS" del Anexo 3 se observa el soporte del cálculo de estos coeficientes para cada cauce.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Tabla. Coeficiente de rugosidad de Manning

Cruce	Cauce	"n" Manning	Justificación
D3	Fondo	0,034	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas y gravas finas, baja sinuosidad, sin presencia de obstáculos.
	Banca	0,049	Corredor forestal con vegetación baja, árboles y arbustos en condición poco densa.
D4	Fondo	0,079	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas y gravas finas, baja sinuosidad, con presencia de obstáculos.
	Banca	0,127	Corredor forestal con vegetación media, árboles y arbustos en condición semi densa.
D5	Fondo	0,052	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas y gravas finas, baja sinuosidad, con presencia de algunos obstáculos.
	Banca	0,049	Corredor forestal con vegetación media, árboles y arbustos en condición poco densa.
D8	Fondo	0,062	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas y gravas finas, baja sinuosidad, sin presencia de obstáculos.
D8	Fondo	0,062	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas y gravas finas, baja sinuosidad, sin presencia de obstáculos.
	Banca	0,083	Corredor forestal con vegetación media, árboles y arbustos en condición semi densa.
D9	Fondo	0,108	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas finas, baja sinuosidad, con presencia de algunos obstáculos y con vegetación apreciable.
	Banca	0,133	Corredor forestal con vegetación media, árboles y arbustos en condición semi densa.
D10	Fondo	0,025	Cauce con lecho compuesto principalmente de arenas finas, baja sinuosidad, sin presencia de obstáculos y sin vegetación apreciable.
	Banca	0,068	Corredor forestal con vegetación media, árboles y arbustos en condición semi densa.
10	Fondo	0,038	Cauce con lecho compuesto principalmente de gravas, baja sinuosidad, sin presencia de obstáculos.
	Banca	0,053	Corredor forestal con vegetación baja, árboles y arbustos en condición poco densa.

Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera de los modelos se definieron igual que la pendiente media del tramo del cauce estudiado, obtenida del análisis morfométrico de las cuencas, la cual se puede observar en las tablas.

Alcantarillas

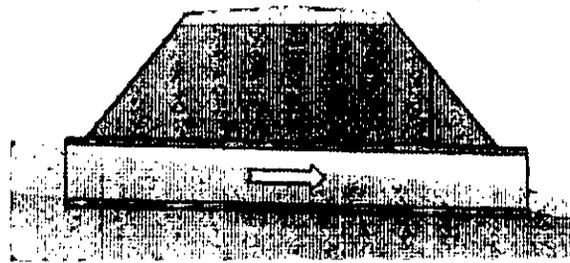
El diagnóstico hidráulico de las alcantarillas consiste en determinar el nivel de agua en la entrada (Hw), el perfil hidráulico al interior del conducto y las velocidades a la salida a partir del tipo de sección, material y pendiente que posee la alcantarilla existente, y verificar que sea capaz de evacuar el caudal de diseño, atendiendo los criterios de arrastre de sedimentos, facilidad de mantenimiento y optimización de los recursos disponibles.

Las alcantarillas se revisan para que trabajen con el 90% de su capacidad hidráulica, ya que, no está permitido que funcionen como ductos a presión. Esto evita desbordamientos en la vía. Además, con este valor se garantiza un margen para el paso de material flotante y basuras.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Se verificará que las alcantarillas destinadas al drenaje transversal tengan una sección de control a la entrada con la condición de tubo parcialmente lleno.

Figura 22. Perfil típico de alcantarilla con control a la entrada



Fuente: (Federal Highway Administration, 2022)

En esta condición, el flujo sufre una contracción severa en la entrada, por lo que la capacidad de la tubería es mayor que la capacidad de la estructura de entrada, siendo las características de la entrada (tipo y forma) y no las de la tubería (sección, rugosidad, área, longitud, pendiente) las que determinan la capacidad de la alcantarilla. Como criterio de diseño, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La relación H_w/D debe ser menor de 1,20 para evitar condiciones de sumergencia, flujo a presión dentro del ducto y posible flujo sobre la calzada.
- El coeficiente de rugosidad para las tuberías de concreto será de 0.014 sugerido por el fabricante.
- La velocidad a la salida de la tubería no debe superar los 3,00 m/s para evitar procesos erosivos aguas debajo de la estructura. En caso de excederse, se proyectará protección del canal aguas debajo de la estructura con colcho gaviones, piedra pegada o estructuras de disipación de energía.
- La pendiente mínima de la tubería será de 2,00%.

Modelación en HEC-RAS y resultados obtenidos

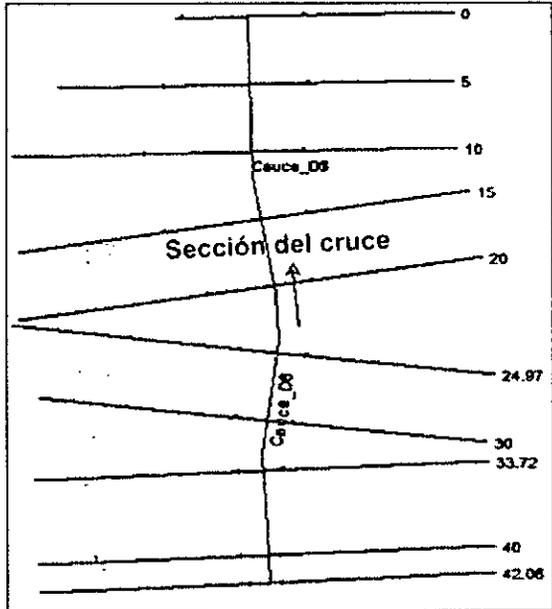
Con base en la información de terreno de las diferentes zonas de cruce entre los cuerpos de agua y las líneas de flujo se generó el modelo digital unificado, sobre este se definió el alineamiento del cauce, y las secciones transversales a este. Luego, se incluyeron los parámetros respectivos para la calibración del modelo, así como los caudales de diseño obtenidos para cada cruce. Por último, se corrió cada uno de los modelos hidráulicos y se analizaron los resultados. A continuación, se presenta la información discriminada de los modelos desarrollados y los resultados obtenidos para cada cruce.

• **Cruce D8**

En la siguiente Figura se observa la geometría modelada en HEC-RAS del cauce existente en el punto del Cruce D8, en sus condiciones actuales.

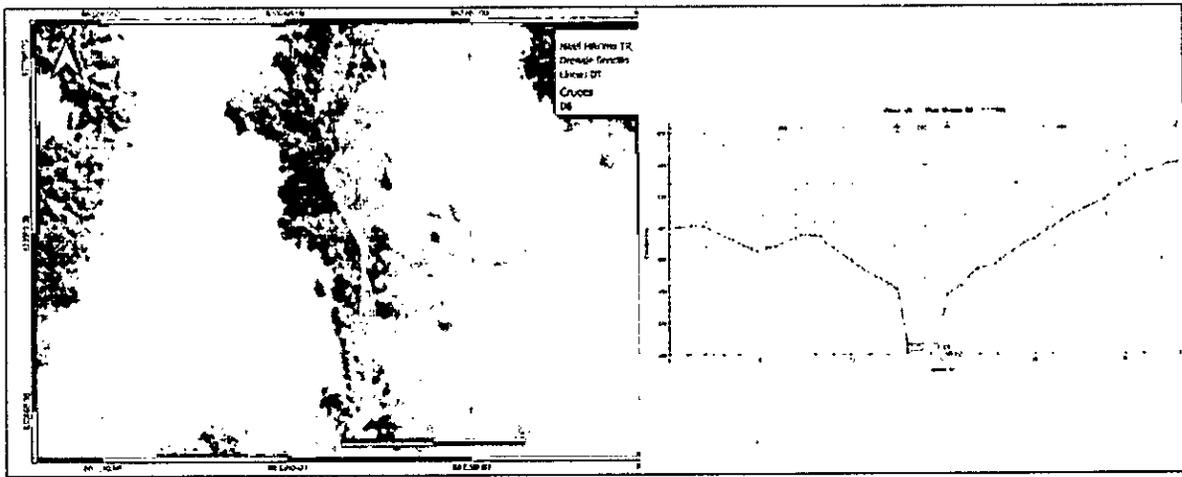
Figura 23. Geometría cargada en HEC-RAS del cauce en el punto del Cruce D8, condiciones existentes

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18



En la figura se presentan los resultados en el cruce para un periodo de retorno de 100 años. De la modelación hidráulica se observa que el nivel máximo a nivel del cruce (sección 33,72) alcanza la cota máxima de 428,31 m.s.n.m., la velocidad promedio en la sección es de 1,72 m/s y la profundidad máxima es de 0,25 m.

Figura 224. Resultados cruce D8, condiciones existentes



Mancha de inundación

**Sección hidráulica (33,72) para $T_{R_{100}}$
Cota máxima 428,31 m.s.n.m.**

En la siguiente Figura se observa el perfil longitudinal del flujo a lo largo del tramo del cauce estudiado, en este no se presentan remansos, sin embargo, se presentan algunas variaciones en el régimen de flujo debido a los cambios de pendiente bruscos.



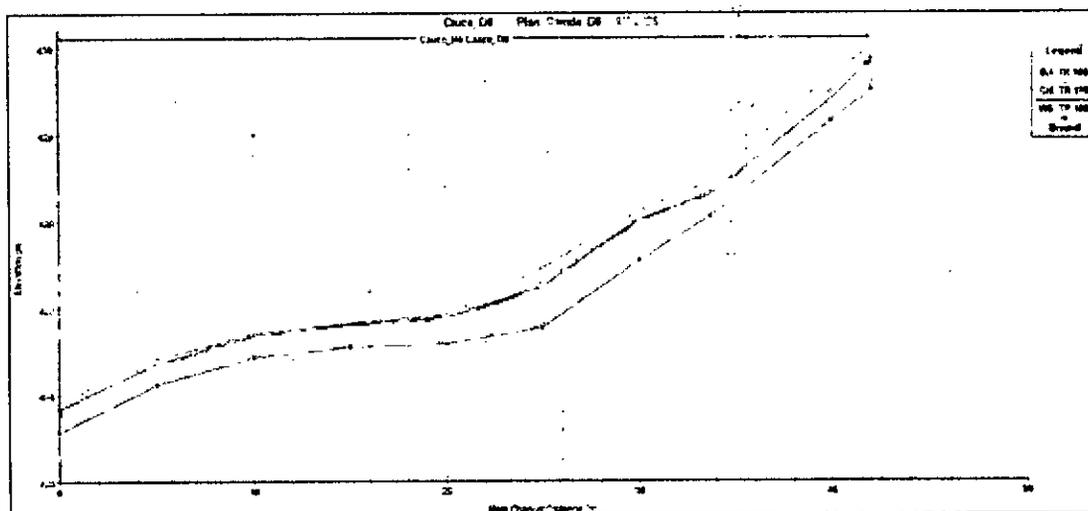
RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

Figura 325. Perfil longitudinal del flujo para el periodo de retorno de 100 años – Cruce D8, condiciones existentes



Dado que el cruce se realizará con una estructura metálica tipo marcos H y los apoyos se ubicarán fuera de la mancha de inundación obtenida, no es necesario desarrollar un modelo hidráulico con la implantación de esta obra, ya que, no se afectarán las condiciones existentes del flujo del drenaje natural.

En la siguiente Tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos en la modelación hidráulica del Cruce D8.

Tabla. Resumen de resultados – Cruce D8

Sección	TR	Caudal	Cota lecho	Cota lámina de agua	Velocidad	No. de Froude	Régimen de flujo
		m ³ /s	msnm	msnm	m/s	-	-
42	2	0,25	429,51	429,76	1,29	1,01	Crítico
	5	0,29	429,51	429,78	1,33	1,01	Crítico
	10	0,33	429,51	429,80	1,37	1,01	Crítico
	25	0,40	429,51	429,83	1,44	1,01	Crítico
	50	0,45	429,51	429,85	1,48	1,01	Crítico
	100	0,52	429,51	429,87	1,52	1,01	Crítico
40	2	0,25	429,15	429,31	2,09	1,93	Supercrítico
	5	0,29	429,15	429,32	2,16	1,91	Supercrítico
	10	0,33	429,15	429,34	2,22	1,90	Supercrítico
	25	0,40	429,15	429,36	2,32	1,87	Supercrítico
	50	0,45	429,15	429,37	2,38	1,87	Supercrítico
	100	0,52	429,15	429,39	2,46	1,85	Supercrítico
33,7	2	0,25	428,06	428,24	1,27	1,16	Supercrítico
	5	0,29	428,06	428,26	1,35	1,19	Supercrítico
	10	0,33	428,06	428,27	1,43	1,21	Supercrítico



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

Sección	TR	Caudal	Cota lecho	Cota lámina de agua	Velocidad	No. de Froude	Régimen de flujo
		m ³ /s	msnm	msnm	m/s	-	-
	25	0.40	428,06	428,28	1,54	1,25	Supercrítico
	50	0,45	428,06	428,29	1,62	1,27	Supercrítico
	100	0,52	428,06	428,31	1,72	1,29	Supercrítico
30	2	0,25	427,55	427,93	1,18	1,00	Crítico
	5	0,29	427,55	427,94	1,22	1,02	Crítico
	10	0,33	427,55	427,96	1,25	1,02	Crítico
	25	0,40	427,55	427,99	1,29	1,02	Crítico
	50	0,45	427,55	428,00	1,32	1,03	Crítico
	100	0,52	427,55	428,02	1,36	1,03	Crítico
25	2	0,25	426,78	427,12	1,80	1,38	Supercrítico
	5	0,29	426,78	427,15	1,83	1,36	Supercrítico
	10	0,33	426,78	427,17	1,89	1,37	Supercrítico
	25	0,40	426,78	427,20	1,97	1,37	Supercrítico
	50	0,45	426,78	427,21	2,04	1,39	Supercrítico
	100	0,52	426,78	427,24	2,07	1,37	Supercrítico
20	2	0,25	426,60	426,82	0,49	0,39	Subcrítico
	5	0,29	426,60	426,84	0,52	0,40	Subcrítico
	10	0,33	426,60	426,85	0,56	0,42	Subcrítico
	25	0,40	426,60	426,87	0,61	0,44	Subcrítico
	50	0,45	426,60	426,88	0,65	0,45	Subcrítico
	100	0,52	426,60	426,89	0,70	0,48	Subcrítico
15	2	0,25	426,56	426,76	0,45	0,45	Subcrítico
	5	0,29	426,56	426,77	0,47	0,46	Subcrítico
	10	0,33	426,56	426,78	0,48	0,46	Subcrítico
	25	0,40	426,56	426,79	0,51	0,47	Subcrítico
	50	0,45	426,56	426,81	0,52	0,47	Subcrítico
	100	0,52	426,56	426,82	0,54	0,47	Subcrítico
10	2	0,25	426,44	426,62	0,63	0,67	Subcrítico
	5	0,29	426,44	426,63	0,65	0,66	Subcrítico
	10	0,33	426,44	426,64	0,68	0,68	Subcrítico
	25	0,40	426,44	426,66	0,71	0,69	Subcrítico
	50	0,45	426,44	426,67	0,74	0,70	Subcrítico
	100	0,52	426,44	426,68	0,76	0,71	Subcrítico
5	2	0,25	426,12	426,32	0,84	1,00	Crítico
	5	0,29	426,12	426,32	0,89	1,03	Crítico
	10	0,33	426,12	426,33	0,90	1,02	Crítico
	25	0,40	426,12	426,35	0,93	1,03	Crítico
	50	0,45	426,12	426,35	0,95	1,02	Crítico
	100	0,52	426,12	426,36	0,97	1,02	Crítico

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Sección	TR	Caudal	Cota lecho	Cota lámina de agua	Velocidad	No. de Froude	Régimen de flujo
		m ³ /s	msnm	msnm	m/s	-	-
0	2	0,25	425,57	425,80	0,78	0,73	Subcrítico
	5	0,29	425,57	425,82	0,81	0,74	Subcrítico
	10	0,33	425,57	425,83	0,84	0,74	Subcrítico
	25	0,40	425,57	425,85	0,88	0,75	Subcrítico
	50	0,45	425,57	425,86	0,91	0,76	Subcrítico
	100	0,52	425,57	425,88	0,94	0,76	Subcrítico

Resumen de resultados para los cruces

Como resultado de la aplicación de los modelos en HEC-RAS, se obtuvieron los niveles máximos esperados para las crecientes según diferentes periodos de retorno, en la siguiente Tabla se muestra el resumen de los niveles máximos de inundación obtenidos para los diferentes puntos de cruce en las condiciones existentes de los cauces.

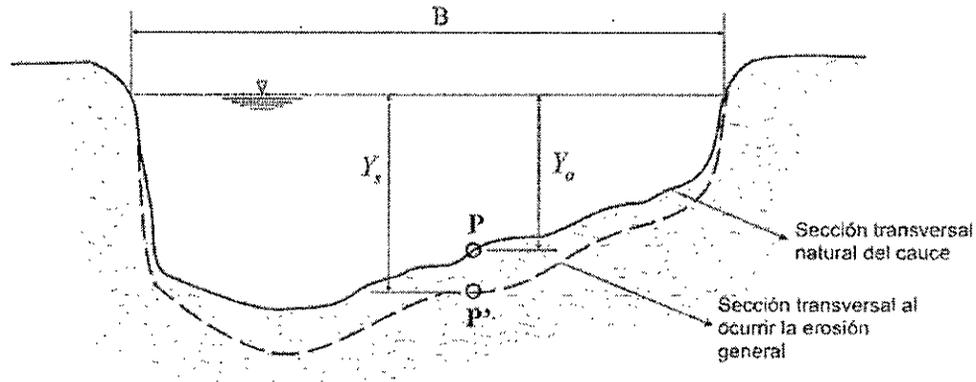
Tabla. Niveles máximos de inundación en la sección de cruce

Cruce	Elevación msnm					
	TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
D3	427,45	427,61	427,72	427,88	427,99	428,10
D4	429,24	429,29	429,32	429,39	429,45	429,54
D5	427,41	427,44	427,46	427,49	427,51	427,53
D8	428,24	428,26	428,27	428,28	428,29	428,31
D9	428,16	428,17	428,17	428,14	428,14	428,15
D10	423,45	423,48	423,49	423,51	423,53	423,55
10	427,07	427,15	427,22	427,36	427,46	427,54

7. ESTUDIO DE SOCAVACIÓN

Para los cálculos de socavación del lecho con el paso de las crecientes extraordinarias, se aplicó la metodología propuesta por Lischvan – Lebediev, que se fundamenta en una ecuación deducida a partir de los análisis del equilibrio existente entre la velocidad media real del agua y la velocidad necesaria para el inicio del arrastre (erosión) del material del fondo, momento en el que se presenta el proceso de socavación. En la Figura se presenta esquemáticamente el descenso en el lecho, producto del fenómeno de socavación general.

Figura 29. Esquema de descenso del lecho por socavación general



Fuente: INVIAS, 2009.

La ecuación propuesta por Lischtván – Lebediev para el cálculo de la socavación en lechos compuestos por material granular es:

$$Y_s = \left[\frac{\alpha Y_o^{5/3}}{0,68 \beta \mu \phi dm^{0,28}} \right]^{1+z}$$

Dónde:

Y_s : Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación, medida desde el nivel de creciente, hasta el nivel de fondo del cauce erosionado, m.

Y_o : Profundidad inicial del flujo, medida desde el nivel de creciente hasta el nivel del lecho antes del proceso de socavación, m.

α : Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} B_e}$$

Q_d : Caudal de diseño asociado al período de retorno, m³/s.

Y_m : Profundidad hidráulica del flujo, calculada como el área hidráulica del flujo (m²) dividida entre el ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal (B_e), m.

β : Coeficiente de frecuencia, que tiene en cuenta el período de retorno de diseño, calculado como:

$$\beta = 0,7329 + 0,0973 * \text{Log}(TR)$$

μ : Coeficiente de contracción, calculado en función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas, cuando existe un puente. Cuando no existen obstáculos ni puentes en la sección de interés, se adopta un valor de 1,0 para el coeficiente μ .

ϕ : Coeficiente de corrección que incorpora el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara, se adopta un valor de 1,0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión, el coeficiente se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$\phi = -0,54 + 1,5143 \gamma_{us}$$

Dónde:

γ_{us} : Peso específico del agua más sedimento (Ton/m³).

dm : diámetro medio de las partículas del material granular, mm.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas:

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(dm) - 0.00891 \log^2(dm)$$

Adicionalmente, para el caso en el que las obras proyectadas se ubiquen dentro de la mancha de inundación obtenida en los modelos hidráulicos, se calculará la socavación local en los soportes de las líneas de flujo, mediante la metodología usada por el Software HEC-RAS en el módulo "Hydraulic Design - Bridge Scour", la cual se basa en las ecuaciones y algoritmos de erosión de puentes de la Federal Highway Administration (FHWA) de Estados Unidos de HEC-18.

HEC-RAS aplica específicamente la fórmula empírica de Colorado State University (CSU), recomendada en HEC-18, para calcular la socavación local en pilares de puentes. Esta fórmula se basa en resultados de estudios de laboratorio y es una de las más comúnmente usadas en ingeniería hidráulica. A continuación, se describe la fórmula aplicada.

$$y_1 = 2,0K_1K_2K_3 \left(\frac{\alpha}{y}\right)^{0,65} \left(\frac{Fr}{\sqrt{ga}}\right)^{0,43}$$

Donde:

y_1 : Profundidad máxima de socavación local en el pilar.

α : Ancho del pilar.

y : Profundidad del flujo justo antes del pilar.

Fr : Número de Froude del flujo aproximándose al pilar.

g : Aceleración de la gravedad.

K_1 : Factor de forma del pilar.

K_2 : Factor de alineación del flujo (ángulo de ataque).

K_3 : Factor por condiciones del lecho (sedimentos cohesivos, grava, roca, etc.).

Caracterización del material del lecho del cauce

Para determinar el tamaño de partícula característico del cauce a ser utilizado en los cálculos de socavación, se realizó la caracterización de muestras representativas en las áreas requeridas y para cada uno de los puntos de interés, estableciendo así el diámetro medio del material, y algunos otros valores como se presentan en la Tabla.

Tabla. Tamaños de partícula

SITIO	CAMPO	TIPO	D_{50}	D_{95}
D3	Dina T	Cruce	1,60	-
D4	Dina T	Cruce	0,79	28,79
D5	Dina T	Cruce	5,83	34,54
D8	Dina T	Cruce	5,19	42,41
D9	Dina T	Cruce	0,30	1,60
D10	Dina T	Cruce	0,37	1,31
4	Dina T	Ronda	-	4,00
10	Dina T	Ronda	0,79	28,79

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

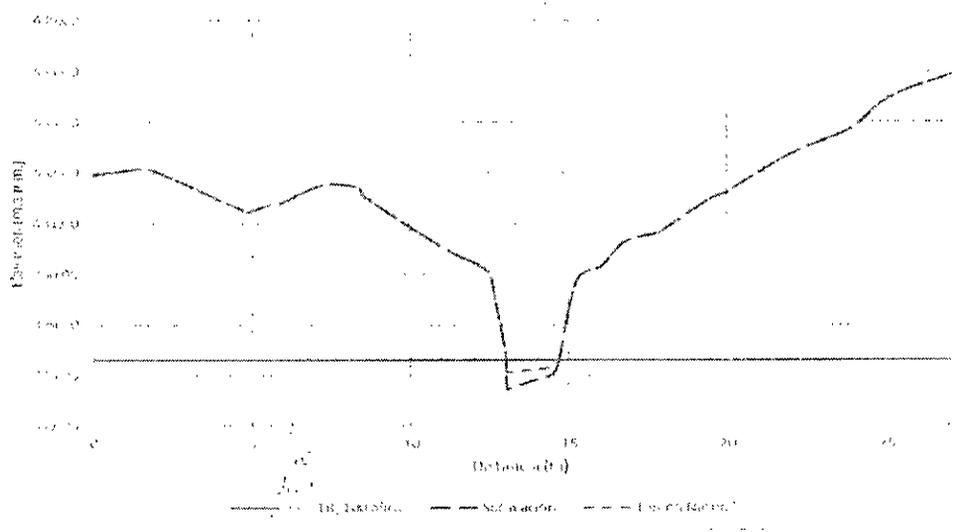
Resultados

Con base en esta metodología, se obtienen los niveles de socavación en la sección del cauce donde se plantea el paso de las estructuras de cruce. A continuación, se presentan los resultados para el período de retorno más crítico, que en este caso corresponde al de 100 años. En la carpeta "03 HOJAS DE CALCULO" del Anexo 2, se encuentran los archivos soporte del cálculo.

Cruce D8

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se ilustra el perfil de socavación en la sección del cruce. Se observa que la profundidad máxima de socavación alcanza la cota 427,72 m.s.n.m., para una profundidad de 0,34 m medida desde el punto más profundo del canal y de 0,59 m desde la lámina de agua para $T_R=100$ años. Para este caso, el cruce se realiza con soportes tipo marcos H y estos se encuentran ubicados fuera del área de influencia del nivel de aguas máximo para $T_R=100$ años como se verá en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Por lo tanto, no se realiza socavación local para esta estructura.

Figura 430. Socavación general cruce D8



CONCLUSIONES

- En general se presentan seis (6) ocupaciones por cruce con corrientes hídricas, de las cuales una (1) se localiza en una corriente hídrica secundaria y cinco (5) en corrientes hídricas menores. Adicionalmente, se cuenta con la ocupación por ronda hídrica en dos (2) zonas del proyecto, donde la infraestructura proyectada de líneas de flujo presenta una interferencia dentro la faja de 30 metros paralela al cauce que cumple una función protectora o de ronda hídrica.
- Para la elaboración del estudio hidrológico se identificaron las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM presentes en la zona de estudio, de las cuales por medio del método de polígonos de Thiessen se pudo establecer que la estación que tiene mayor influencia en la zona es la estación Potrerito.
- Del análisis de precipitación se identifica un régimen de precipitaciones bimodal con un periodo lluvioso en los meses de febrero a abril y octubre a diciembre y un periodo seco de junio a

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

septiembre. El valor promedio de precipitación total anual de la estación Potrerito es de 1838,77 mm.

- Para la caracterización climatológica de la zona, se utilizó la estación Villavieja FFCC y Aeropuerto Benito Salas, reportando temperaturas medias de temperaturas entre 27,0 a 29,0 °C. humedades relativas medias entre 60,0 y 73,2 % con una evaporación total promedio mensual de 139.9 mm y, la tendencia predominante del viento en la zona se presenta en dirección Sur (S) hacia el Norte (N).
- Para la estimación de los caudales máximos para las cuencas de estudio se utilizó el método racional, dado que las características de las cuencas analizadas cumplen con los parámetros para la aplicación de este método.
- De los resultados de las modelaciones hidráulicas de los cauces, se pudo establecer que no existen desbordamientos importantes en la zona de los cruces planteados, a excepción de algunos represamientos del flujo que se dan en los cruces cercanos a las estructuras hidráulicas tipo alcantarilla que existen en las vías evaluadas.
- Los trazados de las líneas de flujo deben considerarse como corredores en los cuales se pueden instalar varias tuberías sobre los mismos elementos de soporte, de tal manera que las obras proyectadas para los cruces de corrientes donde se requiere ocupación están diseñadas para el paso de 1. 2 y hasta cuatro tuberías de diferentes diámetros.
- El cruce de cauce secundario se proyecta sobre estructuras metálicas independientes de las existentes en las proximidades del cruce, esto, con el objeto de asegurar el cálculo y dimensionamiento de cada una de las estructuras.
- Para la ocupación por ronda 4 se aplican los niveles obtenidos mediante el modelo hidráulico y de socavación del cruce D4. Por lo tanto, no se presentan análisis adicionales para esta afectación. Los resultados del modelo del cruce D4 permiten evidenciar que la línea de flujo de la ocupación por ronda 4 no generaría ninguna afectación al comportamiento hidráulico del cauce.

8. EVALUACION DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE POR LA SUBDIRECCIÓN DE REGULACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA CAM

De acuerdo al apoyo suministrado por la oficina Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental de la CAM, mediante memorando interno No. 1290 de 16 de julio de 2025, se revisó y evaluó la documentación allegada por el solicitante, obteniendo lo siguiente:

Revisión CAM - memorando interno No. 1290 de 2025

Mediante memorando DTN No. 1290 de 2025, la Directora Territorial Norte, CAROLINA TRUJILLO CASANOVA, solicitó a la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental (SRCA) el apoyo para continuar con la revisión y evaluación de los componentes hidrológico, hidráulico y de riesgo, de los permisos de ocupación de cauce solicitados por la persona jurídica ECOPETROL S.A. con Nit No. 899.999.068-1, para el proyecto: "Plan de Desarrollo Dina Integrado en los municipios de Aipe y Tello del departamento del Huila" La documentación analizada corresponde a la información recibida en formato físico y digital, compuesta por un total de veinte (20) expedientes (384 folios, 53 planos y 2 USB), derivadas de las observaciones técnicas emitidas por esta subdirección el 12 de mayo de 2025, conforme al siguiente detalle:



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

Expediente	Fuente Hídrica	Municipio	Proyecto
POC-00001-25	Drenaje Natural	Aipe	Ronda 11 - Instalación línea de flujo - Tubería de 8" enterrada a 1,2 m.
POC-00002-25	Drenaje Natural	Neiva	Cruce P17 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.
POC-00003-25	Drenaje Natural	Neiva	Cruce P18 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.
POC-00004-25	Drenaje Natural	Neiva	Cruce P22 - Construcción vía de acceso - Alcantarilla sencilla 36".
POC-00006-25	Drenaje Natural	Neiva	Ronda 1A - Instalación de líneas de flujo - Tuberías de producción, inyección y anulares con diámetros variables de 2 a 8 pulgadas sobre marcos H.
POC-00008-25	Drenaje Natural	Neiva	Cruce P3 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.
POC-00009-25	Drenaje Natural	Neiva	Cruce P1 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.
POC-00011-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D1 - Instalación línea de flujo - Tubería flexible HDPE de 8" enterrada a 1,2 m.
POC-00012-25	Quebrada Boquerón	Neiva	Cruce P4 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo colgante.
POC-00013-25	Quebrada el Dinsal	Aipe	Cruce D13 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.
POC-00014-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D12 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo sobre marco H, línea enterrada.
POC-00015-25	Quebrada El Tigre	Aipe	Cruce D7 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.
POC-00023-25	O. El Tigre	Aipe	Cruce D3 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.
POC-00024-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D4 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada.
POC-00025-25	Drenaje Natural	Aipe	Ronda 4 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada.
POC-00026-25	Drenaje Natural	Aipe	Ronda 10 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada.
POC-00027-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D10 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.
POC-00028-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D9 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.
POC-00029-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D8 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.
POC-00030-25	Drenaje Natural	Aipe	Cruce D5 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.

Tabla 1. Documentación recibida para evaluación

En este contexto y de acuerdo con las orientaciones técnicas de los componentes hidrológico e hidráulico brindadas a la persona jurídica ECOPETROL S.A., en relación con el trámite del Permiso de Ocupación de Cauce (POC) del proyecto: "Plan de Desarrollo Dina Integrado en los municipios de Aipe y Tello del departamento del Huila", se presentan las siguientes consideraciones.

La revisión del componente hidrológico comprendió el análisis de la información allegada haciendo énfasis en la verificación de la climatología, características morfométricas, curvas Intensidad-Duración-Frecuencia - IDF y las metodologías empleadas para la estimación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno sobre cada una de las fuentes hídricas evaluadas en cada uno de los sitios donde se proyectan las obras ya mencionadas y cuyas magnitudes se presentan en la Tabla 2.

Proyecto	Fuente Hídrica	Municipio	Caudales para diferentes Periodos de Retorno (Tr)			
			10 Años	25 Años	50 Años	100 Años
Ronda 11 - Instalación línea de flujo - Tubería de 8" enterrada a 1,2 m.	Drenaje Natural	Alpe	0.15	0.18	0.21	0.24
Cruce P17 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.	Drenaje Natural	Neiva	0.64	0.72	0.78	0.83
Cruce P18 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.	Drenaje Natural	Neiva	0.8	0.89	0.96	1.03
Cruce P22 - Construcción vía de acceso - Alcantarilla sencilla 36".	Drenaje Natural	Neiva	0.1	0.11	0.12	0.13
Ronda 1A - Instalación de líneas de flujo - Tuberías de producción, inyección y anulares con diámetros variables de 2 a 8 pulgadas sobre marcos H.	Drenaje Natural	Neiva	-	-	-	-
Cruce P3 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.	Drenaje Natural	Neiva	2.46	2.75	2.97	3.18
Cruce P1 - Instalación líneas de flujo - Cruce aéreo sobre marco H.	Drenaje Natural	Neiva	2.62	2.92	3.16	3.38
Cruce D1 - Instalación línea de flujo - Tubería flexible HDPE de 6" enterrada a 1,2 m.	Drenaje Natural	Alpe	0.11	0.13	0.14	0.17
Cruce P4 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo colgante.	Quebrada Boquerón	Neiva	10.8	15.7	19.8	24.1
Cruce D13 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.	Quebrada el D'ndal	Alpe	20.8	30.9	40.4	51.8
Cruce D12 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo sobre marco H, línea enterrada.	Drenaje Natural	Alpe	0.72	0.85	0.97	1.11
Cruce D7 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.	Quebrada El Tigre	Alpe	12.3	18.8	25.2	33.1
Cruce D3 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto	El Tigre	Alpe	15.04	17.69	20.41	23.29
Cruce D4 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada.	Drenaje Natural	Alpe	0.94	1.12	1.28	1.48
Ronda 4 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada	Drenaje Natural	Alpe	0.15	0.18	0.21	0.24
Ronda 10 - Instalación línea de flujo - Tubería enterrada	Drenaje Natural	Alpe	11.05	13.15	15	17.11

Proyecto	Fuente Hídrica	Municipio	Caudales para diferentes Periodos de Retorno (Tr)			
			10 Años	25 Años	50 Años	100 Años
Cruce D10 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.	Drenaje Natural	Alpe	0.6	0.72	0.82	0.94
Cruce D9 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto	Drenaje Natural	Alpe	0.03	0.04	0.04	0.05
Cruce D8 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto.	Drenaje Natural	Alpe	0.33	0.4	0.45	0.52
Cruce D5 - Instalación línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y cables.	Drenaje Natural	Alpe	0.38	0.45	0.52	0.59

Tabla 2. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.

Respecto a la evaluación del componente hidráulico, las obras hidráulicas, se verificaron las modelaciones conforme a lo mencionado por la Guía de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (Resolución 957 de 2018), la cual exige que si el cauce es alterado, se garantice el comportamiento hidrodinámico del sistema fluvial en donde la estructura permita el Transito libre del caudal asociado a un periodo de retorno de 100 años, que la lámina de agua no se incremente en más de 30 cm respecto a la condición sin alteración (sin obra) y que la velocidad del flujo no se incremente en más de 10% respecto a la condición sin alteración (sin obra). Se verificaron las modelaciones respecto a la capacidad de las estructuras para el tránsito del caudal en un periodo de retorno de 100 años y otros parámetros hidráulicos de acuerdo a la Tabla 3.



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

Obrn	Caudal Evaluado (m ³ /s)	Lámina de Agua - Aguas Arriba	Lámina de Agua - Aguas Abajo	Fondo del Cauce - Aguas Arriba	Fondo del Cauce - Aguas Abajo	Velocidad del Flujo - Aguas Arriba	Velocidad del Flujo - Aguas Abajo	Cota de Socavación
Ronda 11	0.24	449.57 msnm	449.56 msnm	447.42 msnm	447.15 msnm	0.00 m/s	0.00 m/s	447.05 msnm
Cruce P17	0.93	465.15 msnm	463.62 msnm	465.12 msnm	463.44 msnm	0.10 m/s	4.91 m/s	-
Cruce P18	1.03	465.44 msnm	459.95 msnm	463.26 msnm	459.85 msnm	0.05 m/s	7.47 m/s	-
Cruce P22	0.13	483.37 msnm	479.54 msnm	483.17 msnm	479.46 msnm	2.31 m/s	2.69 m/s	479.72 msnm
Ronda 1A	-	-	-	-	-	-	-	447.05
Cruce P3	3.18	449.57 msnm	449.56 msnm	447.42 msnm	447.16 msnm	0.13 m/s	0.35 m/s	447.05 msnm
Cruce P1	3.38	448.00 msnm	447.43 msnm	447.72 msnm	447.13 msnm	1.20 m/s	1.55 m/s	-
Cruce D1	0.17	425.74 msnm	425.42 msnm	425.65 msnm	425.39 msnm	1.37 m/s	0.79 m/s	425.53 msnm
Cruce P4	24.1	445.87 msnm	445.49 msnm	444.34 msnm	443.85 msnm	1.63 m/s	2.58 m/s	442.76 msnm
Cruce D13	51.8	423.20 msnm	423.79 msnm	422.02 msnm	421.98 msnm	3.98 m/s	1.46 m/s	421.71 msnm
Cruce D12	1.11	424.25 msnm	424.25 msnm	423.83 msnm	423.82 msnm	0.89 m/s	0.37 m/s	423.56 msnm
Cruce D7	33.1	416.79 msnm	416.43 msnm	415.15 msnm	414.89 msnm	2.50 m/s	2.78 m/s	415.62 msnm
Cruce D3	23.29	426.08 msnm	427.99 msnm	425.52 msnm	425.68 msnm	2.51 m/s	2.71 m/s	425.87 msnm
Cruce D4	1.48	429.55 msnm	429.28 msnm	428.69 msnm	428.93 msnm	0.53 m/s	1.09 m/s	428.52 msnm
Ronda 4	0.24	429.55 msnm	429.28 msnm	428.69 msnm	428.93 msnm	0.53 m/s	1.09 m/s	428.52 msnm

Obrn	Caudal Evaluado (m ³ /s)	Lámina de Agua - Aguas Arriba	Lámina de Agua - Aguas Abajo	Fondo del Cauce - Aguas Arriba	Fondo del Cauce - Aguas Abajo	Velocidad del Flujo - Aguas Arriba	Velocidad del Flujo - Aguas Abajo	Cota de Socavación
Ronda 10	17.11	427.94 msnm	427.42 msnm	426.47 msnm	425.74 msnm	1.94 m/s	2.14 m/s	424.99 msnm
Cruce D10	0.94	423.70 msnm	423.04 msnm	423.34 msnm	422.66 msnm	2.27 m/s	2.75 m/s	421.48 msnm
Cruce D9	0.05	428.15 msnm	427.90 msnm	427.69 msnm	427.84 msnm	0.00 m/s	0.58 m/s	427.95 msnm
Cruce D8	0.52	429.35 msnm	428.02 msnm	429.15 msnm	427.55 msnm	2.46 m/s	1.38 m/s	427.72 msnm
Cruce D5	0.59	428.01 msnm	427.66 msnm	427.48 msnm	426.54 msnm	1.89 m/s	0.22 m/s	426.01 msnm

Tabla 3. Condiciones hidráulicas de la obra para el tránsito del caudal Tr 100 años

En atención a la revisión y análisis de la documentación anteriormente descrita, se establece el siguiente concepto.

CONCEPTO:

Se considera que los componentes hidrológico e hidráulico cumplen con los requerimientos técnicos de la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (MADS, 2018), garantizando que las modificaciones en morfología del sistema lotico asociadas a la implementación de las obras y fuentes hídricas mencionadas en la Tabla 2.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. El presente concepto se sustenta en la información allegada en los expedientes relacionados en la Tabla 1 con memorando 1290 de 2025.
- b. La Corporación, en el marco del trámite de ocupación de cauce, no evalúa aspectos estructurales, presupuestales, de estabilidad, procesos constructivos, materiales utilizados, entre otros para la construcción de las obras proyectadas, por consiguiente, esta responsabilidad recae en los diseñadores, constructor y ejecutor del proyecto.
- c. Remitir el presente concepto técnico a la Dirección Territorial Norte para que este haga parte de los expedientes mencionados.



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

Código: F-CAM-110

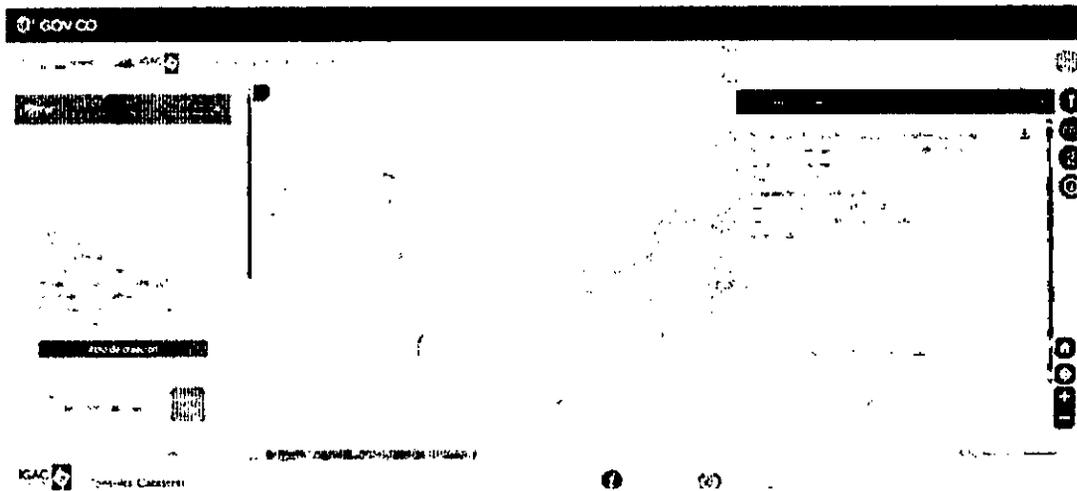
Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

- Debido a lo anterior se considera que los componentes hidrológico e hidráulico cumplen con los requerimientos técnicos de la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (MADS, 2018).

9. USO DE SUELO:

Los puntos tomados en campo, al ser comparados con las coordenadas suministradas por el solicitante y posteriormente implantados en la base cartográfica del IGAC, permiten establecer que estos se ubican dentro del predio denominado "EL TENAY", identificado con el código catastral 4101600080015000, el cual es propiedad de "Empresa Colombiana de Petróleos - ECOPETROL", como se evidencia en la imagen que se presenta a continuación:



De acuerdo con el certificado de uso de suelo aportado por el solicitante, el cual fue expedido el 12 de febrero de 2025 por la Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Aipe, se indica lo siguiente:

"Con el propósito de facilitar los procesos de desarrollo llevados a cabo en el municipio de Aipe y en aras de agilizar los procesos ambientales de la región, la secretaria de planeación municipal expide los usos de suelo solicitados mediante el radicado 2-2025-033-OT0004416, indicando que los predios que se lograron ubicar están localizados en el área denominada SUELO RURAL como lo indica el artículo 83 del decreto 068 del 2011:

"Artículo 83. Suelo Rural. El artículo 33 de la Ley 388 define el suelo rural así: "Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas".

Forman parte del suelo rural los terrenos e inmuebles que se encuentran localizados dentro de los perímetros comprendidos en el mapa de zonificación del territorio, y se destinara a usos agrícolas, pecuarios, forestales y no es susceptible de urbanizar durante la vigencia del plan y debe estar con concordancia con las políticas ambientales y agrícolas;

Este suelo está conformado por las veredas El Castell, Calle Real, Primavera, El Olimpo, Santa Helena, Mesitas, Praga, La Esmeralda, Agua Fría, Los Cauchos, Buenos Aires, Pavas,

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

San Diego, Santa Bárbara, San Isidro, El Callejón, Pata, Rio Alpe, La Manga, San Antonio, El Tesoro, Potreritos, Arrayan, Ventanas, Dina, Dindal, La Unión, Guayabero, Santa Rita."

En (tabla 1), se relacionan los datos completos de cada predio localizado como también el tipo de uso de suelo."

Oficio No. PLA 083 - 2025

N°	NOMBRE	# CEDULA	VEREDA	NOMBRE DEL PREDIO	CEDULA CATASTRAL	MATRICU LA INMOBILI ARIA	TIPO USO DE SUELO
1	JOHN JAIRO NOVOA MOSQUERA Y OTROS	7691/84	DINDAL	EL HOTEL	4101600030000000 10018000000000	200-2142	Áreas De Producción De Hidrocarburos
2	ECOPETROL EMPRESA COLOMBIANA DE P. HELENA TAMAYO PERDOMO ANDRES	809090088	DINA	EL TENAY	4101600030000000 80015000000000	200-16010	Áreas De Producción De Hidrocarburos
3	FELIPE IBAGÓN DURÁN Y OTRO MARIA HELENA TAMAYO PERDOMO	36145087	DINDAL	LA PRISA	4101600030000000 10007000000000	200-93191	Áreas De Producción De Hidrocarburos
4	FELIPE IBAGÓN DURÁN Y OTRO MARIA HELENA TAMAYO PERDOMO	1075217439	DINDAL	HELEN 1	4101600030000000 10145000000000	200-243322	Áreas De Producción De Hidrocarburos
5	FELIPE IBAGÓN DURÁN Y OTRO MARIA HELENA TAMAYO PERDOMO	36145087	DINDAL	LOTE 2 EL PURACE	4101600030000000 10044000000000	200-45350	Áreas De Producción De Hidrocarburos
6	JAIRO RAMIREZ RIVERA	7685959	DINA	LT 5 EL PARAISO	4101600030000000 80066000000000	200-273875	Áreas De Producción De Hidrocarburos

"Áreas De Producción De Hidrocarburos Y Otros Recursos Mineros-APDEH/ARAE-Zonas con vocación a la producción petrolera con un régimen especial en la producción forestal y pecuaria se encuentra en la zona baja con vegetación escasa Dinas y Dindal.

Uso Compatible: Adecuación de infraestructura, industrial, (transformación de materia prima) apertura de vías con plan de manejo.

Uso Restringido: Usos agrícolas y pecuarios, usos del turismo y ecoturismo.

Uso Incompatible: Usos urbanos...".

Es preciso mencionar que no fue posible ubicar la totalidad de los predios solicitados, puesto que el código catastral 410160003000000010014000000000 no registra en el mismo. por consiguiente solicitamos coordenadas del predio para verificar en la base de datos y emitir una respuesta total".

Es importante mencionar que según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define una ronda hídrica o hidráulica como un área de especial importancia ecológica de dominio público inalienable, imprescriptible e inembargables que juegan un papel fundamental desde el punto de vista ambiental. En este sentido se advierte que las obras y actividades que se desarrollarán con en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado, deben respetar las rondas hídricas de toda fuente de agua permanente o intermitente que se encuentre en el predio y sus alrededores.

10. CONCEPTO TÉCNICO

Con base en la documentación técnica allegada por el solicitante, conforme a la visita de evaluación realizada en campo y a la evaluación realizada por la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental, se concluye que las obras objeto de la presente solicitud **no generarían impactos ambientales adversos**. En consecuencia, se considera **técnica y ambientalmente viable** el otorgamiento del **Permiso de Ocupación de Cauce Permanente** sobre la fuente hídrica Sin Toponimia, en beneficio de la persona jurídica ECOPETROL S.A., con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, y con apoderado a nombre del señor Carlos Andrés Vidal Zamora, identificado con cedula de



RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO

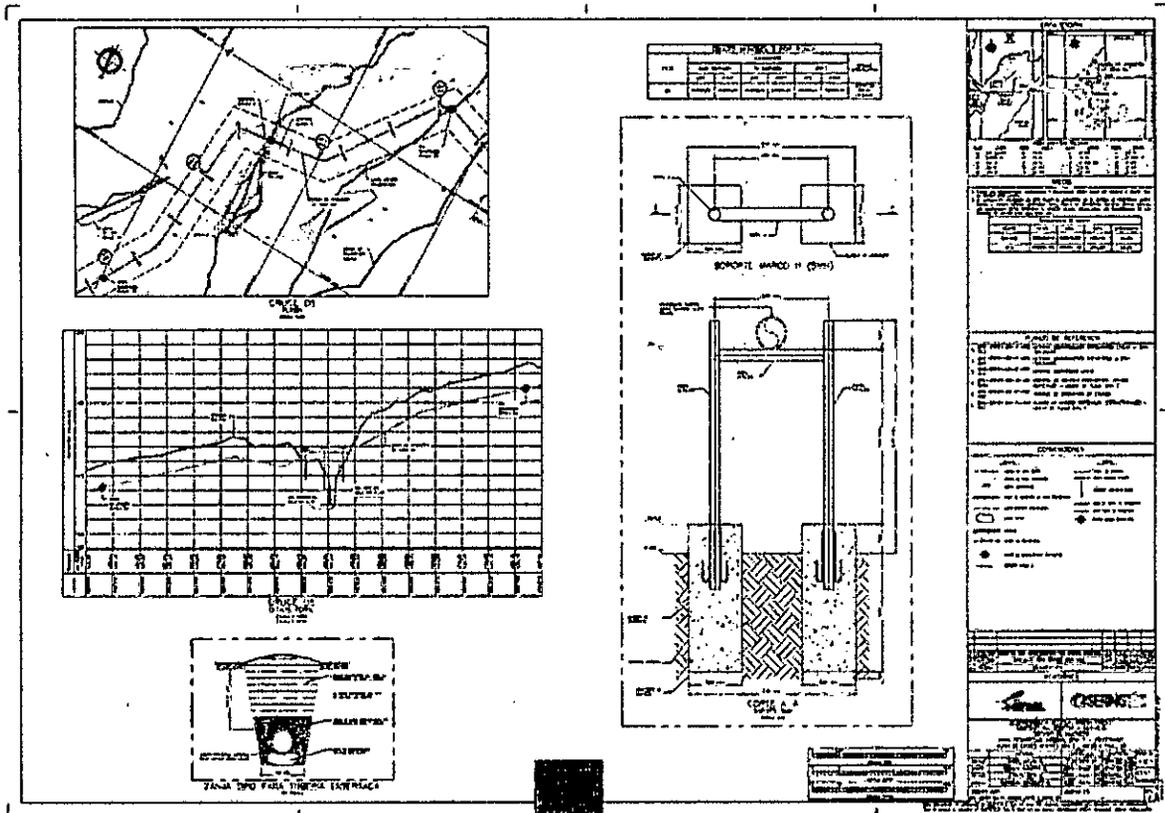
Código: F-CAM-110

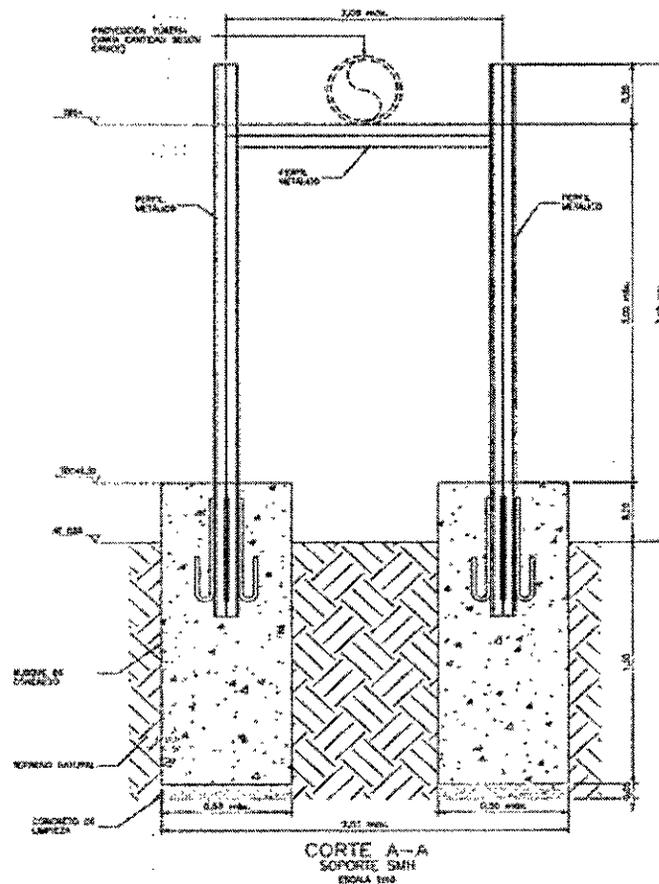
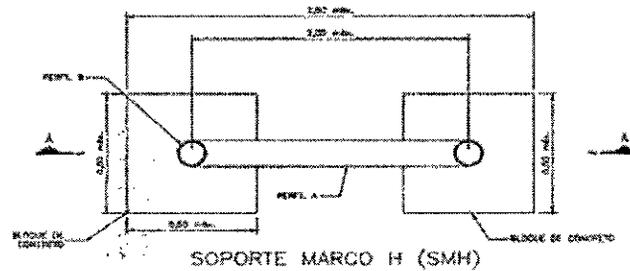
Versión: 9

Fecha: 05 Jul 18

ciudadanía No. 80.239.796 expedida en Bogotá D.C., para el proyecto: "instalación línea de flujo – Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado, ubicado en el predio denominado "EL TENAY VRDA EL DINDAL" con matrícula inmobiliaria No. 200-16019, jurisdicción del municipio de Aipe departamento del Huila, la cual quedara de la siguiente manera:

- "La línea de flujo cruzará el cauce en el punto D8 de manera elevada y se apoyará mediante soportes marcos H. La superestructura de los soportes está compuesta por perfiles de acero al carbón A53 grado B SCH 40, los cuales soportan las cargas provenientes de la tubería de inyección de agua en los sectores de escorrentía o depresiones naturales del terreno. La longitud entre soportes varía entre 6 y 8 m. La cimentación de los soportes de tubería consiste en un dado en concreto reforzado con una profundidad variable y una resistencia mínima a la compresión de 21,0 MPa, la cual garantiza la estabilidad general de la estructura".





Imágenes del diseño tomado del radicado 2025-E 14425 del 05 de junio de 2025.

Dicha obra de ocupación debe construirse acorde y de conformidad a las especificaciones técnicas, estudios y anexos técnicos suministrados por el solicitante a través del expediente POC-00029-25, realizados y presentados por la persona jurídica ECOPETROL S.A., con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, y con apoderado a nombre del señor Carlos Andrés Vidal Zamora, identificado con cedula de ciudadanía No. 80.239.796 expedida en Bogotá D.C.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

Punto	FUENTE HIDRICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
D8	Sin Toponimia	863268	833668

TABLA. Coordenadas planas tomadas en campo sobre el punto de intervención.

Las obras antes descritas hacen parte del proyecto denominado "PLAN DE DESARROLLO DINA INTEGRADO".

Se considera que los componentes hidrológico e hidráulico de la intervención cumplen con los requerimientos técnicos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (MADS, 2018), garantizando que las modificaciones en la morfología del sistema lótico asociadas a la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto en la fuente hídrica Sin Toponimia se ajusten a las condiciones de diseño establecidas para un periodo de retorno de 100 años.

Por su parte la Corporación dentro del trámite de ocupación de cauce no evalúa la parte estructural, presupuestal, económica, de estabilidad, proceso constructivo, o de calidad de los materiales utilizados, entre otros, del proyecto en mención. Así como también cualquier responsabilidad relacionada con la implantación, ejecución y estabilidad de las obras será responsabilidad exclusiva del solicitante del presente permiso de ocupación, es decir la persona jurídica ECOPETROL S.A., con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, y con apoderado a nombre del señor Carlos Andrés Vidal Zamora, identificado con cedula de ciudadanía No. 80.239.796 expedida en Bogotá D.C.

OBLIGACIONES MINIMAS:

- Del mismo modo para la ejecución del proyecto en mención con el fin de garantizar la seguridad en el perímetro se recomienda la implementación de avisos provisionales de información y precaución, así como también de cerramientos temporales, lo anterior con el fin de minimizar el riesgo de accidentes.
- Proteger las dos márgenes del cauce y áreas intervenidas para la ocupación, dando cumplimiento a lo siguiente:
 - a) Retirar del cauce todos los objetos extraños tras finalizar las obras.
 - b) Depositar los materiales sobrantes o de construcción en los sitios autorizados.
 - c) Disponer los residuos sólidos y líquidos en los sitios autorizados.
 - d) No lavar equipos o vehículos dentro de los cuerpos de agua.
- Evitar los procesos de erosión, socavación, arrastre y aporte de sedimentos a las corrientes, que sean debidos a las obras de ocupación, dando cumplimiento a lo siguiente:
 - a) Realizar las obras necesarias para la estabilización estabilidad de taludes, protección a la erosión, control de socavación y para controlar el arrastre y aporte de manejo de sedimentos a los cuerpos de agua a intervenir.
 - b) Hacer seguimiento detallado a las obras y realizar las reparaciones correspondientes en caso de deterioro.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- El plazo de ejecución de obras de la presente autorización de permiso de ocupación de cauce es por el término de doce (12) meses contados a partir de la notificación de la resolución por medio de la cual se otorga el permiso.
- Finalizada la ejecución de obras y obteniendo una ocupación permanente sobre la fuente hídrica, la CAM realizará seguimiento doce (12) meses después, por su parte evaluará los impactos ambientales que generen las obras con ocasión al presente permiso de ocupación, más no evaluará la estabilidad de las mismas, la cual es responsabilidad del peticionario o beneficiario del permiso.
- El permiso de ocupación de cauce no implica el establecimiento de servidumbre en interés privado sobre los predios donde se ubiquen las obras, la constitución de servidumbre que sea necesaria la gestionará el beneficiario ante la autoridad competente.
- El beneficiario está obligado a prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos adversos que puedan surgir por el proyecto.
- Los materiales pétreos para la construcción deberán provenir de fuentes autorizadas y que cuenten con los respectivos permisos de la autoridad ambiental.
- Los escombros que resulten de la construcción se les deben dar una adecuada disposición en un sitio técnicamente adecuado, no pueden ser arrojados a fuentes hídricas o drenajes.
- El material resultante de los trabajos de excavaciones y dragados no podrá ser comercializado, se recomienda disponerlo en un sitio técnicamente adecuado.
- El incumplimiento de las obligaciones señaladas en la presente Resolución dará lugar a imposición de las sanciones señaladas en el Artículo 40 de la Ley 1333 de 2019 o la norma que le adicione, modifique o sustituya, previo proceso sancionatorio ambiental adelantado por la entidad ambiental.
- Así mismo, el presente permiso no autoriza el aprovechamiento forestal, por tanto, si se requiere intervenir alguna especie forestal del lugar, deberá realizar el respectivo trámite de Permiso de Aprovechamiento Forestal.
- Como medida de preservación ambiental, se establece la entrega de material de educación ambiental, el cual servirá como herramienta para fomentar la sensibilización y la conciencia ambiental en las comunidades, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales, su conservación y el cuidado general del medio ambiente. En este sentido, el beneficiario del permiso deberá entregar en las instalaciones de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, un total de 100 libros didácticos titulados Huila Biodiverso 2. El plazo establecido para el cumplimiento de esta medida será de tres (03) meses, contados a partir de la ejecutoria del acto administrativo mediante el cual se otorga el permiso.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar traslado del presente concepto junto con el expediente POC-00029-25 al área jurídica de la Dirección Territorial Norte para su respectivo trámite.
- Se programará la visita de seguimiento en el año siguiente después de quedar ejecutoriada la Resolución.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

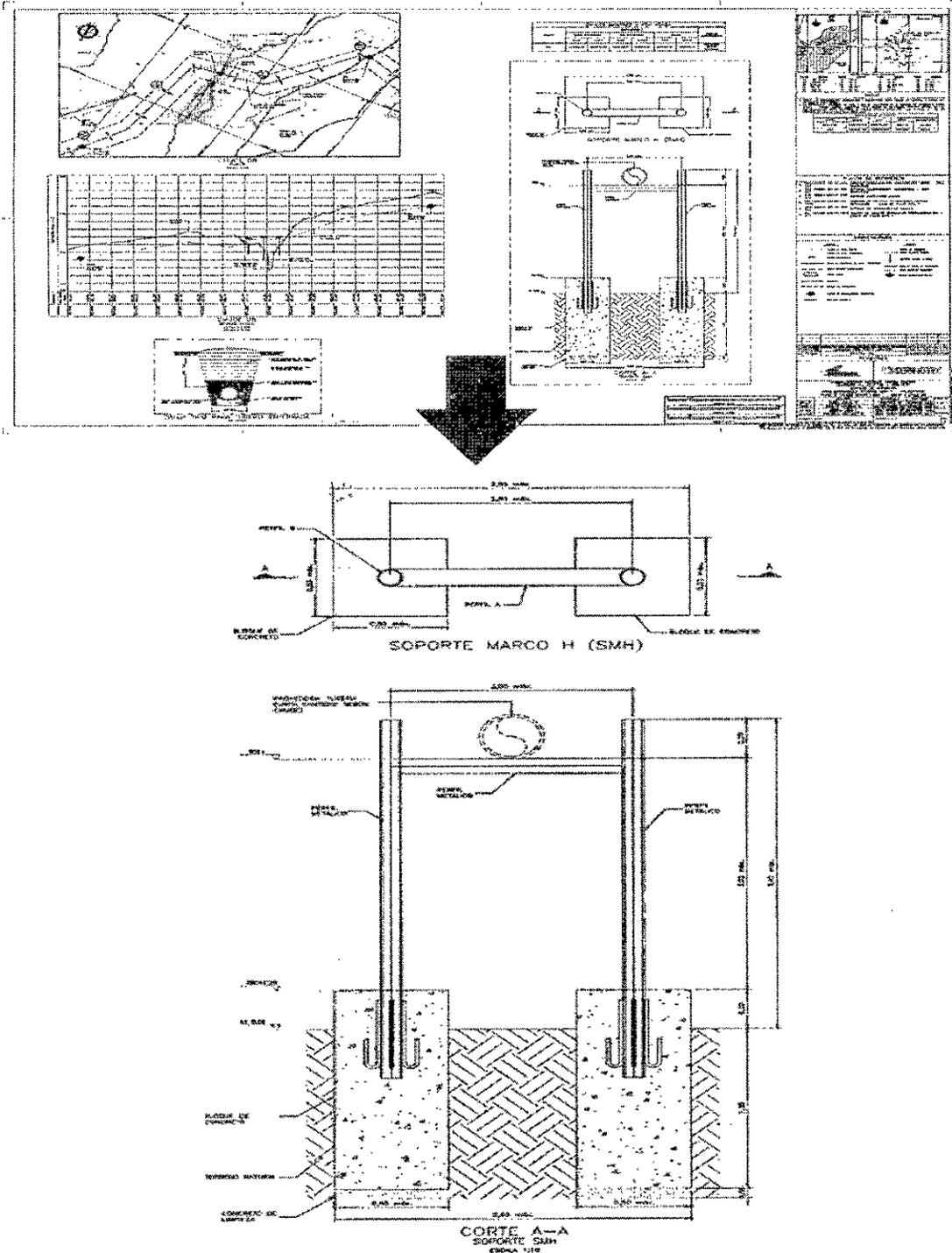
(...)"

ANALISIS DEL CASO PARTICULAR

Que mediante radicado CAM No. 2024-S 34633 de fecha 21 de noviembre de 2024 y VITAL No. 4900089000006825006, la sociedad ECOPETROL S.A., identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representada legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, solicito ante este despacho permiso de ocupación de cauce, sobre la fuente hídrica denominada Sin Toponimia, en el punto con coordenadas X:4743640,72 Y:1899876,36 para la instalación de línea de flujo – cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina integrado, ubicado en el predio denominado "El Tenay Vrda El Dindal", con matrícula inmobiliaria No. 200-16019 en jurisdicción del municipio de Aipe – Huila. Solicitud que se presentó, bajo los parámetros previstos en el Decreto 1076 de 2015, "Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible", en especial su artículo 2.2.3.2.12.1., que señala "Ocupación: La construcción de obras que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua requiere autorización, que se otorgará en las condiciones que establezca la Autoridad Competente".

Revisada la documentación aportada por el solicitante y de acuerdo con lo conceptuado por el profesional encargado, esta Corporación considera viable otorgar el presente permiso de ocupación de cauce permanente sobre la fuente hídrica denominada Sin Toponimia, en beneficio de la sociedad ECOPETROL S.A., identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cédula de ciudadanía No. 19.451.246, para la ejecución de la obra "Instalación línea de flujo – Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado, ubicado en el predio denominado "EL TENAY VRDA EL DINDAL" con matrícula inmobiliaria No. 200-16019, jurisdicción del municipio de Aipe departamento del Huila", la cual quedara de la siguiente manera:

- "La línea de flujo cruzará el cauce en el punto D8 de manera elevada y se apoyará mediante soportes marcos H. La superestructura de los soportes está compuesta por perfiles de acero al carbón A53 grado B SCH 40, los cuales soportan las cargas provenientes de la tubería de inyección de agua en los sectores de escorrentía o depresiones naturales del terreno. La longitud entre soportes varía entre 6 y 8 m. La cimentación de los soportes de tubería consiste en un dado en concreto reforzado con una profundidad variable y una resistencia mínima a la compresión de 21,0 MPa, la cual garantiza la estabilidad general de la estructura".



Imágenes del diseño tomado del radicado 2025-E 14425 del 05 de junio de 2025.

Dicha obra de ocupación debe construirse acorde y de conformidad a las especificaciones técnicas, estudios y anexos técnicos suministrados por el solicitante a través del expediente

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

POC-00029-25, realizados y presentados por la sociedad ECOPETROL S.A., identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representada legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, así:

Punto	FUENTE HIDRICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
D8	Sin Toponimia	863268	833668

TABLA. Coordenadas planas tomadas en campo sobre el punto de intervención.

Las obras antes descritas hacen parte del proyecto denominado "PLAN DE DESARROLLO DINA INTEGRADO".

Se considera que los componentes hidrológico e hidráulico de la intervención cumplen con los requerimientos técnicos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (MADS, 2018), garantizando que las modificaciones en la morfología del sistema lotico asociadas a la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto en la fuente hídrica denominada Sin Toponimia se ajusten a las condiciones de diseño establecidas para un periodo de retorno de 100 años.

Por su parte la Corporación dentro del trámite de ocupación de cauce no evalúa la parte estructural, presupuestal, económica, de estabilidad, proceso constructivo, o de calidad de los materiales utilizados, entre otros, del proyecto en mención. Así como también cualquier responsabilidad relacionada con la implantación, ejecución y estabilidad de las obras será responsabilidad exclusiva del solicitante del presente permiso de ocupación, es decir la sociedad ECOPETROL S.A., identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representado legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, o quien haga sus veces.

En consecuencia, el plazo de ejecución de obras del permiso de ocupación de cauce que se otorga se concederá por el término de doce (12) meses contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo.

Que de conformidad con el Artículo 31 de la Ley 99 de 1993, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena es competente para otorgar el presente permiso de ocupación de cauce solicitado, y que una vez revisada la documentación y lo conceptuado por el profesional encargado, es viable autorizarlo en las condiciones descritas anteriormente, advirtiendo que el presente permiso conlleva al cumplimiento de unas obligaciones a cargo del beneficiario, las cuales se especifican en la parte resolutive del presente Acto Administrativo, cuyo incumplimiento acarrea el inicio de proceso sancionatorio ambiental, al tenor de la Ley 1333 de 2009 modificada por la Ley 2387 de 2024.

En consecuencia, esta Dirección Territorial Norte en virtud de las facultades otorgadas por la Dirección General según Resolución 4041 de 2017, modificada por la resolución No. 104 de enero 21 del 2019, la Resolución No. 466 de febrero 28 del 2020, la Resolución No. 2747

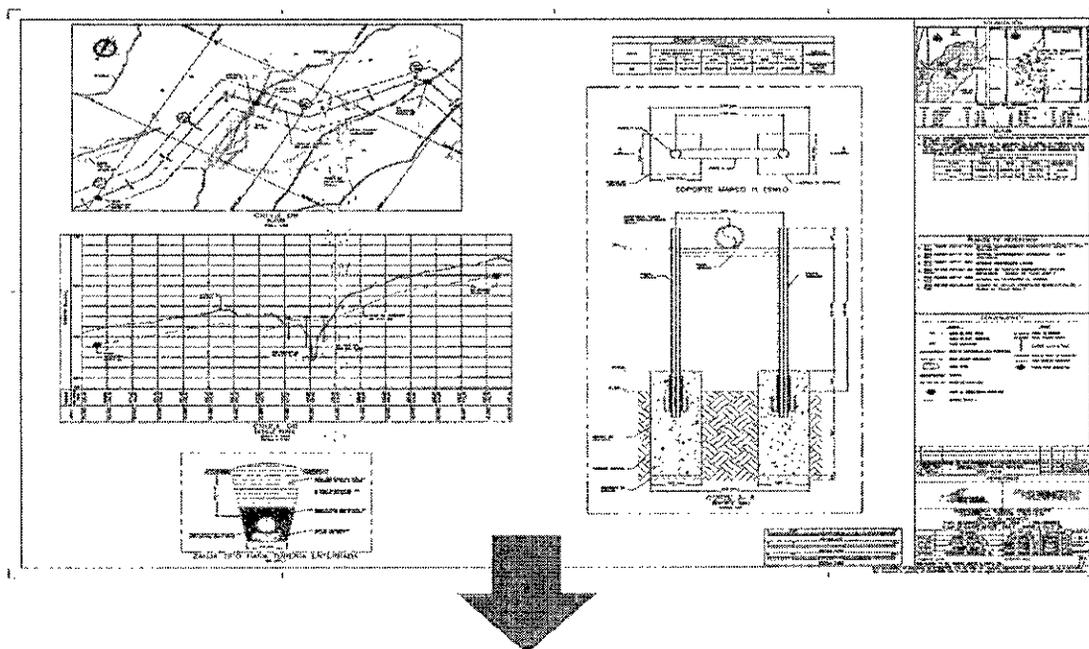
	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

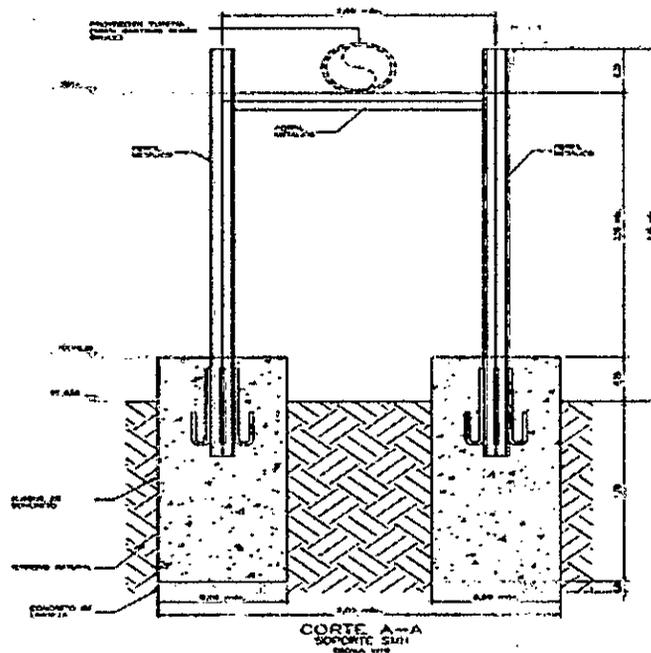
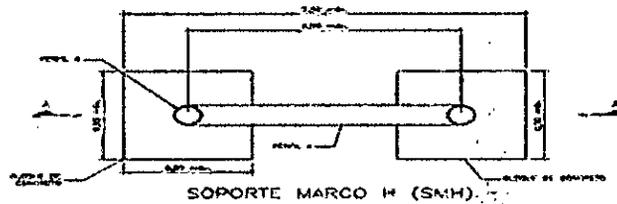
de octubre 05 del 2022 y la Resolución No. 864 del 16 de abril de 2024 proferidas por el Director General de la CAM y de conformidad con el procedimiento establecido en el Decreto 1076 de 2015, específicamente establecido en el artículo 2.2.3.2.12.1 y acogiendo el concepto técnico emitido por el funcionario comisionado.

RESUELVE

ARTÍCULO PRIMERO: OTORGAR PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE PERMANENTE a la sociedad **ECOPETROL S.A.** identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representada legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, o quien haga sus veces, sobre la fuente hídrica denominada Sin Toponimia, para la ejecución de la obra *“Instalación línea de flujo – Cruce aéreo con estructura metálica y concreto, en el marco de las obras del proyecto Plan de Desarrollo Dina Integrado”*, en el predio denominado *“El Tenay Vrda El Dindal”* identificado con número de matrícula inmobiliaria 200-16019, ubicado en jurisdicción del municipio de Aipe – Huila, la cual quedara de la siguiente manera:

- La línea de flujo cruzará el cauce en el punto D8 de manera elevada y se apoyará mediante soportes marcos H. La superestructura de los soportes está compuesta por perfiles de acero al carbón A53 grado B SCH 40, los cuales soportan las cargas provenientes de la tubería de inyección de agua en los sectores de escorrentía o depresiones naturales del terreno. La longitud entre soportes varía entre 6 y 8 m. La cimentación de los soportes de tubería consiste en un dado en concreto reforzado con una profundidad variable y una resistencia mínima a la compresión de 21,0 MPa, la cual garantiza la estabilidad general de la estructura.





Imágenes del diseño tomado del radicado 2025-E 14425 del 05 de junio de 2025.

Punto	FUENTE HIDRICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
D8	Sin Toponimia	863268	833668

TABLA. Coordenadas planas tomadas en campo sobre el punto de intervención.

PARÁGRAFO: El presente Permiso de Ocupación de Cauce Permanente se otorga con fundamento en las consideraciones enunciadas en el presente acto administrativo y en el informe de visita y concepto técnico No. 1778 de fecha 03 de junio de 2025 – complementado el 18 de julio de 2025 conforme a memorando interno No. 1290 del 16 de julio de 2025.

ARTÍCULO SEGUNDO: Las obras de ocupación deben construirse acorde y de conformidad con las especificaciones técnicas, estudios y anexos técnicos suministrados por el solicitante a través del expediente POC.-00029-25.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

PARÁGRAFO PRIMERO: La Corporación advierte que, dentro del trámite de ocupación de cauce, no evalúa la parte estructural, presupuestal, económica, de estabilidad, proceso constructivo, o de calidad de los materiales utilizados, entre otros, del proyecto objeto del presente permiso.

Igualmente se advierte que, los criterios técnicos relacionados con el diseño y el funcionamiento de la obra serán de responsabilidad exclusiva de los diseñadores, constructores, operadores e interventores, y no será responsabilidad de esta Autoridad Ambiental; así mismo, cualquier responsabilidad que se derive respecto a la implantación, ejecución y estabilidad de las obras objeto del presente permiso de ocupación, estarán en cabeza exclusiva del titular del permiso.

PARÁGRAFO SEGUNDO: Los componentes hidrológico e hidráulico de la intervención cumplen con los requerimientos técnicos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (MADS, 2018), garantizando que las modificaciones en la morfología del sistema lotico asociadas a la instalación de línea de flujo - Cruce aéreo con estructura metálica y concreto en la fuente hídrica Sin Toponimia se ajusten a las condiciones de diseño establecidas para un periodo de retorno de 100 años.

ARTÍCULO TERCERO: OTORGAR UN PLAZO DE DOCE (12) MESES para la construcción de las obras descritas en el artículo primero del presente permiso; término que será contado a partir de la ejecutoria del presente Acto Administrativo.

ARTÍCULO CUARTO: OBLIGACIONES. El titular del presente permiso deberá:

1. Con el fin de garantizar la seguridad en el perímetro, se recomienda la implementación de avisos provisionales de información y precaución, así como también de cerramientos temporales, lo anterior con el fin de minimizar el riesgo de accidentes.
2. Proteger las dos márgenes de los cauces y áreas intervenidas para la ocupación dando cumplimiento a lo siguiente:
 - a. Retirar del cauce todos los objetos extraños tras finalizar las obras.
 - b. Depositar los materiales sobrantes o de construcción en los sitios autorizados.
 - c. Disponer los residuos sólidos y líquidos en los sitios autorizados.
 - d. No lavar equipos o vehículos dentro de los cuerpos de agua.
3. Evitar los procesos de erosión, socavación, arrastre y aporte de sedimentos a las corrientes, que sean debidos a las obras de ocupación, dando cumplimiento a lo siguiente:
 - a. Realizar las obras necesarias para la estabilización de taludes, protección a la erosión, control de socavación y para controlar el arrastre y aporte de manejo de sedimentos a los cuerpos de agua a intervenir.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

- b. Hacer seguimiento detallado a las obras y realizar las reparaciones correspondientes en caso de deterioro.

ARTÍCULO QUINTO: MEDIDA DE PRESERVACIÓN AMBIENTAL: El beneficiario del permiso deberá entregar a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM un total de cien (100) libros didácticos titulados "Huila Biodiverso 2", los cuales servirán como herramienta para fomentar la sensibilización y la conciencia ambiental en las comunidades, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales, su conservación y el cuidado general del medio ambiente.

PARÁGRAFO: El término establecido para el cumplimiento de la medida de preservación ambiental será tres (3) meses contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo.

ARTÍCULO SEXTO: La Dirección Territorial Norte realizará visita de seguimiento a los doce (12) meses siguientes de ejecutoria del presente acto administrativo, evaluando los impactos ambientales que generen las obras con ocasión al presente permiso de ocupación, más no evaluará la estabilidad de las mismas, la cual es responsabilidad del peticionario o beneficiario del permiso de ocupación.

ARTÍCULO SÉPTIMO: Los materiales pétreos que utilice el beneficiario de este permiso para la construcción de la obra, deberán provenir de fuentes autorizadas y que cuenten con los respectivos permisos de la autoridad ambiental.

ARTÍCULO OCTAVO: Los escombros que resulten de la construcción objeto del presente permiso, se les deberá dar una adecuada disposición en un sitio técnicamente adecuado y no podrán ser arrojados a fuentes hídricas o drenajes.

ARTÍCULO NOVENO: El material resultante de los trabajos de excavaciones y dragados no podrá ser comercializado, se recomienda disponerlo en un sitio técnicamente adecuado.

ARTÍCULO DÉCIMO: El presente permiso de ocupación de cauce no implica el establecimiento de servidumbre en interés privado sobre los predios donde se ubiquen las obras, la constitución de servidumbre que sea necesaria la gestionará el beneficiario ante la autoridad competente.

ARTÍCULO DÉCIMO PRIMERO: El beneficiario del presente permiso está obligado a prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos adversos que puedan surgir por el proyecto.

ARTÍCULO DÉCIMO SEGUNDO: Se advierte al beneficiario que el presente permiso no autoriza el vertimiento de aguas residuales. El usuario que requiera hacer vertimientos puntuales deberá dar cumplimiento con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, la Resolución No. 0631 del 17 de marzo de 2015, la Resolución No. 1207 de 2014, la Resolución No. 1256 del 23 de noviembre de 2021, en cuanto a los residuos líquidos; para lo cual deberán tramitar con la Autoridad Ambiental Competente el respectivo permiso de vertimiento y/o reúso de aguas tratadas, según corresponda.

	RESOLUCION LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 05 Jul 18

ARTÍCULO DÉCIMO TERCERO: Se advierte al beneficiario que el presente permiso no autoriza el aprovechamiento forestal, por lo tanto y en caso de requerirlo deberá dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1076 de 1076 de 2015 y demás normas concordante.

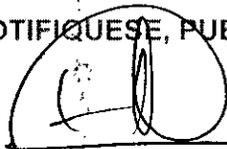
ARTÍCULO DÉCIMO CUARTO: Se advierte al beneficiario del presente permiso que el incumplimiento de las obligaciones señaladas en la presente Resolución dará lugar a imposición de las sanciones señaladas en el Artículo 40 de la Ley 1333 de 2019 modificada por la Ley 2387 de 2024, previo proceso sancionatorio ambiental adelantado por la entidad ambiental

ARTÍCULO DÉCIMO QUINTO: Notificar la presente resolución a la sociedad **ECOPETROL S.A.** identificada con Nit. No. 899.999.068-1, representada legalmente por el señor Ricardo Roa Barragán, identificado con cedula de ciudadanía No. 19.451.246, o quien haga sus veces, con dirección de notificación en la carrera 13 No. 36-24 y correo electrónico notificacionesjudicialesecopetrol@ecopetrol.com.co, en los términos del artículo 67 y siguientes de la Ley 1437 de 2011, Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO DÉCIMO SEXTO: Contra el presente acto administrativo procede el recurso de reposición en los términos del artículo 76 y siguientes de la Ley 1437 de 2011.

ARTÍCULO DÉCIMO SÉPTIMO: La presente resolución requiere de publicación en la página web de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM.

NOTIFIQUESE, PUBLIQUESE Y CUMPLASE



CAROLINA TRUJILLO CASANOVA
Directora Territorial Norte

Proyecto: Edna Pastrana – Contratista apoyo jurídico DTN
Expediente: POC- 00029-25

