

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

RESOLUCIÓN No. 0183
(30 DE DICIEMBRE DE 2026)

POR CUAL SE OTORGA UN PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE Y SE DICTAN
OTRAS DISPOSICIONES DE OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO

La Dirección Territorial Centro 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 y la Resolución No. 4041 de diciembre 21 del 2017, modificada por las Resoluciones No. 104 del 21 de enero de 2019, 466 del 28 de febrero de 2020, 2747 del 05 de octubre de 2022 y 864 del 16 de abril de 2024, proferidas por el Director General de la CAM y, considerando los siguientes,

ANTECEDENTES

Que, mediante escrito bajo el oficio con radicado CAM No. 2025-E 17935 de 16 de julio de 2025, Vital 7600901899217825001, el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal, el señor CARMELO SANJUANES MEDINA, identificado con cédula de ciudadanía No. 7.697.417, expedida en Neiva – Huila, solicitó la liquidación de costos del trámite de permiso de ocupación de cauce, playas y lechos, para el proyecto denominado “Mantenimiento de puente de la red nacional de carreteras a cargo del INVIAS en el departamento del Huila, en las rutas 2003 Altamira–Gabinete y 2003A Orrapihuasi”.

A través del oficio con radicado CAM No. 2025-S 21622 de 29 de julio de 2025, esta Corporación dio respuesta a la solicitud de liquidación de costos, informando que el valor a cancelar corresponde a la suma de UN MILLÓN TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL SETENTA Y TRES PESOS (\$1.354.073,00), por concepto de evaluación del trámite de permiso de ocupación de cauce, playas y lechos, así como relacionando la información y documentación requerida para el adelantamiento del respectivo trámite administrativo.

Mediante escrito bajo el oficio con radicado CAM No. 2025-E 20613 de 13 de agosto de 2025, el señor CARMELO SANJUANES MEDINA, en su calidad de representante legal del **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, con dirección para notificaciones en la calle 46 No. 16–24, Centro Empresarial San Juan Plaza, oficina 1001, municipio de Neiva – Huila, teléfono 608 886 8077 y correo electrónico consorciopuentesingelec@gmail.com, presentó formalmente solicitud de permiso de ocupación de cauce, playas y lechos, para el proyecto “Mantenimiento de puente de la red nacional de carreteras a cargo del INVIAS en el departamento del Huila, en las rutas 2003 Altamira–Gabinete y 2003A Orrapihuasi”, en jurisdicción del municipio de Altamira, departamento del Huila.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Como soporte de su solicitud, el peticionario allegó la siguiente documentación:

Lista de chequeo de revisión de requisitos mínimos para la solicitud de ocupación de cauces, playas y lechos; Formulario Único Nacional de solicitud de ocupación de cauces, playas y lechos debidamente diligenciado; acuse VITAL No. 4900901899217825001; constancia de pago por servicios de evaluación por valor de \$1.354.073,00; fotocopia de la cédula de ciudadanía del representante legal; certificado de existencia y representación legal expedido por la Cámara de Comercio del Huila; estudio hidrológico e hidráulico; planos de localización de la fuente a intervenir y memoria con información digital.

Mediante correo electrónico de fecha 25 de agosto de 2025, el solicitante remitió a la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental – SRCA de la Corporación los estudios hidrológicos e hidráulicos, correspondientes al Expediente POC-00082-25, para su respectiva evaluación técnica.

A través del radicado CAM No. 2502 de 27 de octubre de 2025, esta Corporación recibió por parte de la SRCA el documento técnico de evaluación de la solicitud presentada bajo el radicado CAM No. 2025-E 20613 de 13 de agosto de 2025, relacionada con el permiso de ocupación de cauce, playas y lechos sobre la fuente hídrica denominada Quebrada Seca, para el proyecto “Mantenimiento de puente de la red nacional de carreteras a cargo del INVIAS en el departamento del Huila, en las rutas 2003 Altamira – Gabinete y 2003A Orrapihuasi”, en jurisdicción del municipio de Altamira – Huila, en el cual se formularon observaciones a subsanar, conforme a los requisitos normativos y técnicos exigidos.

Mediante oficio con radicado CAM No. 2025-S 32222 de 30 de octubre de 2025, esta Corporación efectuó requerimiento de documentación y ajustes de información, el cual fue notificado conforme consta en el acta de envío y entrega de correo electrónico de Servicios Postales Nacionales, registrándose la lectura del mensaje el mismo 30 de octubre de 2025.

Posteriormente, mediante escrito bajo el oficio con radicado CAM No. 2025-E 28945 de 11 de noviembre de 2025, el señor CARMELO SANJUANES MEDINA, en representación del **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, dio respuesta al requerimiento efectuado, allegando la documentación solicitada en medio físico, en cumplimiento del radicado CAM No. 2025-S 32222.

Mediante radicado CAM No. 2749 de 19 de noviembre de 2025, se solicitó apoyo técnico para la evaluación de los estudios hidrológicos del proyecto “Mantenimiento de puente de la red nacional de carreteras a cargo del INVIAS en el departamento del Huila, en las rutas 2003 Altamira – Gabinete y 2003A Orrapihuasi”, correspondiente al Expediente POC-00082-25.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Posteriormente, mediante escrito bajo el oficio con radicado CAM No. 2025-E 31383 de 09 de diciembre de 2025, el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, allegó información complementaria dentro del trámite administrativo de la referencia.

Mediante memorando No. 2991 de 11 de diciembre de 2025, la Dirección Territorial Centro – DTC solicitó apoyo a la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental – SRCA para la evaluación de la información complementaria presentada. A través del memorando No. 2991 de 22 de diciembre de 2025, la SRCA remitió el concepto técnico correspondiente, como respuesta al memorando DTC No. 2991 del 11 de diciembre de 2025, dentro del Expediente POC-00082-25.

El día 29 de diciembre de 2025, esta Corporación profirió el Auto de Inicio de Trámite No. 447, el cual fue notificado personalmente el 31 de diciembre de 2025, según radicado CAM No. 2025-S 39135 de 29 de diciembre de 2025. Mediante radicado CAM No. 2025-S 39428 de 31 de diciembre de 2025, se solicitó la publicación del referido auto en la cartelera de la Alcaldía Municipal de Altamira.

El Auto de Inicio fue publicado en la página web institucional de la CAM (Gaceta Ambiental), con certificación generada el 16 de enero de 2026, y fijado en la cartelera de la Alcaldía Municipal de Altamira desde el 13 de enero de 2026 hasta el 21 de enero de 2026, conforme consta en los radicados CAM No. 2026-E 526 de 13 de enero de 2026 y 2026-E 1247 de 22 de enero de 2026, sin que se presentaran oposiciones por escrito ni durante la visita de evaluación del permiso.

Finalmente, el día 13 de enero de 2026, se realizó visita técnica de evaluación del permiso de ocupación de cauce, playas y lechos, por parte del Profesional Universitario de la Dirección Territorial Centro – DTC de la CAM, señor Hernando Calderón Calderón.


CONSIDERACIONES

Que a fin de adoptar la determinación procedente frente a la petición elevada y una vez verificada la información allegada por el interesado, el 22 de enero de 2026, se realizó visita de inspección ocular, de la que emitió el Informe de Visita y Concepto Técnico No. 002 de fecha 13 de enero de 2026, en el que describe entre otras cosas, lo siguiente:

“(…)

2. ACTIVIDADES REALIZADAS Y ASPECTOS TÉCNICOS EVALUADOS.

Para efectos de la visita de campo y el seguimiento adelantado por parte de la Corporación se realiza inspección al sitio, tomando registro fotográfico e información de

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

georreferenciación en coordenadas planas al sistema de referencia MAGNA - SIRGAS Colombia Bogotá, en tanto que este es el sistema oficial que se tiene adoptado por la CAM.

El día 13 de enero de 2026 se practicó visita de inspección ocular con el objeto de analizar la solicitud presentada por la persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC, NIT. 901.899.217-8**, representada legalmente por el señor el señor **CARMELO SANJUANES MEDINA** identificado con cedula de ciudadanía número 7.697.417, expedida en Neiva – Huila, a fin evaluar las condiciones de campo para negar, otorgar o condicionar el permiso de ocupación de cauces solicitado.

Durante la visita se inspecciono el sitio donde se llevar a cabo la recuperación de la cimentación y la mitigación de socavaciones en la calzada del carril derecho, asegurando la integridad estructural del puente y prolongando su vida útil, localizado sobre la quebrada seca, vereda el Puente del Municipio de Altamira, (Ver figura No. 1).



Figura No. 1. Localización de puente sobre la Quebrada Seca en el Municipio de Altamira.

La misión de esta intervención es recuperar la cimentación del Puente Quebrada Seca, afectada por socavaciones evidentes en el lecho de la quebrada y la margen izquierda del cauce. Se construirán pantallas verticales en concreto reforzado a dos metros de profundidad en cada estribo para prevenir la erosión y socavación. además, se implementarán pantallas transversales en concreto reforzado para reducir la turbulencia del cauce durante las crecientes. La labor a ejecutar el reforzamiento por recalce estructural de los estribos izquierdo y derecho del Puente Vehicular Quebrada Seca, ante los problemas de socavación local detectados en el diagnóstico técnico.

Es importante destacar que este puente, con más de 50 años de antigüedad, no presenta daños estructurales en su infraestructura y superestructura. La finalidad de la intervención es mitigar la erosión en el lecho bajo las cimentaciones existentes, prolongando así la vida útil del puente por otros 50 años.

Dentro de la información presentada por el solicitante, para las obras objeto de ocupación de cauce, se cuenta con varios archivos técnico que soportan el diseño esquemático de la obra propuesta.

En este contexto, y de acuerdo con las orientaciones técnicas de los componentes hidrológico e hidráulico brindadas al CONSORCIO PUENTES INGELEC, en relación con el trámite del Permiso de Ocupación de Cauce, se presentan las consideraciones para las actividades de mantenimiento y reforzamiento del puente en el documento “Estudio hidrológico, hidráulico y socavación puente quebrada seca municipio de Altamira”.

La labor a ejecutar consiste en realizar el reforzamiento por recalce estructural de los estribos izquierdo y derecho del Puente Vehicular Quebrada Seca, ante los problemas de socavación local, la intervención sobre dicho puente se localizará en el sitio de coordenadas planas con origen Bogotá Magna Sirgas X: 811038 y Y: 717011, a una altitud de 997 m.s.n.m, Vereda el Puente, Municipio de Altamira, intercepta La quebrada seca, afluente del río suaza en su margen izquierda (ver figura No. 2).



Figura No. 2. Localización Puente sobre quebrada seca (recalce estructural de los estribos)

Durante la visita se inspeccionaron los puntos donde se realizará la intervención del puente sobre la quebrada seca vía RUTAS 2003 ALTAMIRA GABINETE Y 2003 ORRAPIHUASI”, en el municipio de Altamira en el departamento del Huila y consiste en el reforzamiento por recalce estructural de los estribos izquierdo y derecho del Puente Vehicular Quebrada Seca, ante los problemas de socavación local, (ver Figura No. 4).

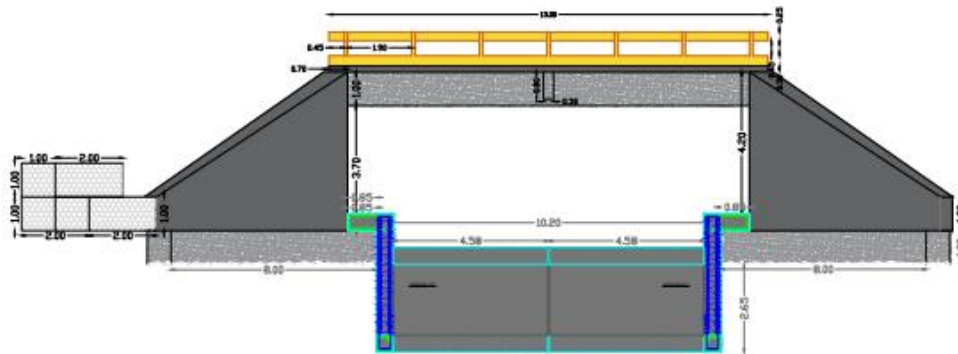


Figura No. 3. Esquema de obra Hidráulica Propuesta (recalce estructural de los estribos)

Observaciones.

Para la realización de la visita a las obras proyectada se conformó una comisión integrada por un (1) profesional del Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, un (1) trabajador llamado Jorge Eliecer Launa Canizalez, CC: 83.224.407 de Teruel Huila, celular 3183400812, trabajador autorizado por el Consorcio PUENTES INGELC; en desarrollo de la visita se realizó una identificación del sitio para definir si la obra proyectada afecta o no algún cauce o drenaje natural que amerite revisión y análisis para el otorgamiento del permiso de ocupación de cauce correspondiente. Como consecuencia de la evaluación se registra y se hace una descripción detallada del sitio y obras que requieren permiso de ocupación de cauce para su construcción.

De esta manera se concluye que este punto georreferenciado, requiere permiso de ocupación de cauce, playas y lechos al considerarse que se impacta un drenaje Natural denominado quebrada seca, afluente del rio suaza en su margen izquierda aguas abajo.

Se presenta un mapa de localización del drenaje intervenido por la obra solicitada en el permiso de ocupación de cauce, playas y lechos. (ver figura No. 4).

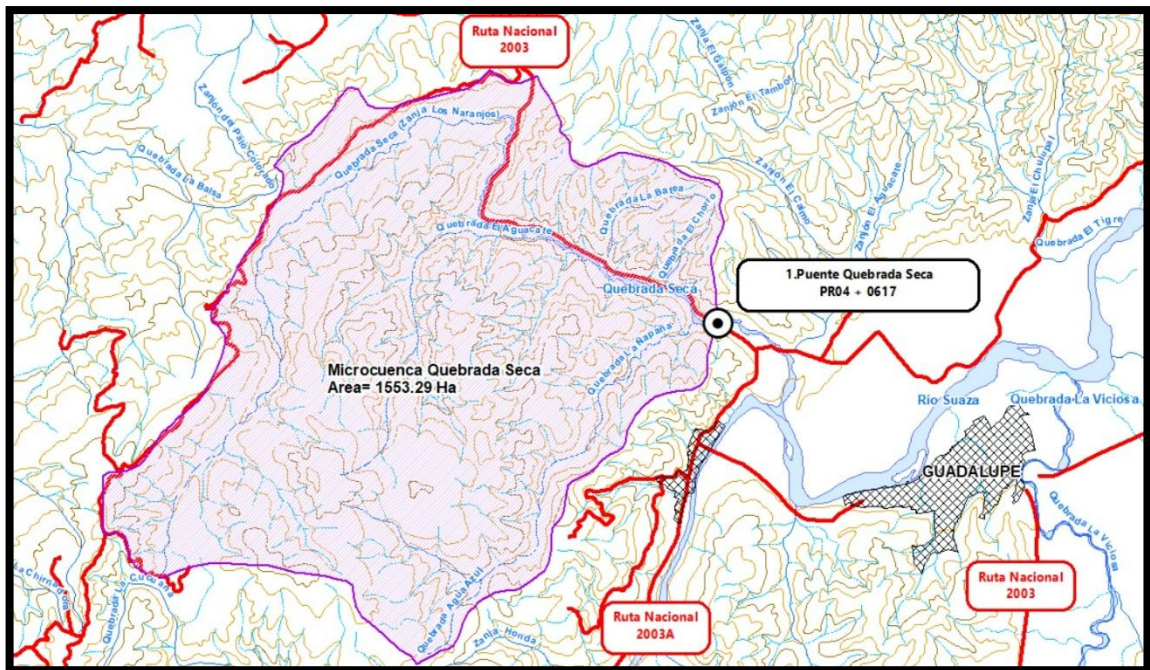


Figura No. 4. Localización de la quebrada seca intervenido obras Hidráulica Propuestas

Se presenta a continuación imágenes de los sitios y un registro fotográfico típico de la inspección técnica realizada, organizados de tal manera que se optimice la distribución del espacio de las páginas.



Fotografía 1, 2 y 3. Panorámica sitio de intervención sobre La quebrada seca (Encole).



Fotografía 4 Panorámica localización puente sobre la quebrada seca vía RUTAS 2003 ALTAMIRA GABINETE Y 2003 ORRAPIHUASI", en el municipio de Altamira en el departamento del Huila.



Fotografía 5. Panorámica sitio de intervención sobre La quebrada seca (Descole).

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

A partir de la información radicada bajo los Radicados CAM Radicados CAM 2025-E 20613 de agosto 13 de 2025, 2025-E 20613 de agosto 13 de 2025 y radicado 2025-E 31383 de diciembre 09 de 2025 como respuesta al requerimiento No. 2025-S 32222 de 2025, la persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC, NIT. 901.899.217-8**, en relación con el trámite del Permiso de Ocupación de Cauce, se presentan las consideraciones para las actividades de mantenimiento y reforzamiento del puente en el documento “Estudio hidrológico, hidráulico y socavación puente quebrada seca municipio de Altamira”. De esta manera se soporta y establece la obra hidráulica adecuada para garantizar el tránsito hidráulico de la corriente pertinente, sin afectar su dinámica hídrica para la ocupación de cauce localizada en el sitio de coordenadas planas con origen Bogotá Magna Sirgas X: 811038 y Y: 717011, a una altitud de 997 m.s.n.m, vereda El Puente, Municipio de Altamira, intercepta La quebrada seca, afluente del río suaza en su margen izquierda para los períodos de retorno según lo establecido por la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia por (MADS, 2018).

1.- ESTUIOS HIDROLÓGICOS.

Para la realización del estudio se abordaron las siguientes etapas: recopilación de información existente, caracterización del área, proceso de información climatológica, recolección de muestras de material del cauce y análisis en laboratorio, determinación de caudales, simulación hidráulica y determinación de socavación.

Para determinar las estaciones climatológicas con registro de precipitación a tener en cuenta en el estudio hidrológico se efectuó el análisis espacial de polígonos de Thiessen cercanos al área de estudio, encontrando las estaciones Guadalupe, El Viso, Tarqui y El Grifo. El análisis grafico muestran que la microcuenca Quebrada Seca está afectada por las precipitaciones de la estación Guadalupe, la cual se localiza a menos de 2 Km de sitio de obra.

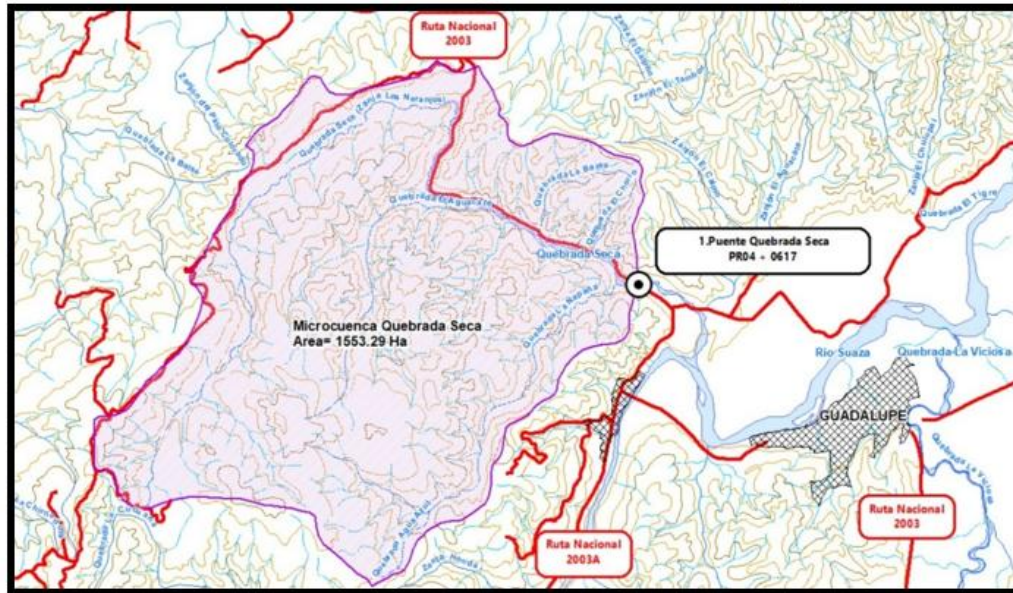
Los parámetros hidrológicos de drenaje permiten caracterizar la morfología de la cuenca tal y como se detalla a continuación.

1.2 EVALUACION DE PARAMETROS HIDROLOGICOS DEL DRENAJE

AREA DE DRENAJE:

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica. La hoya hidrográfica es el ente físico natural de todo cálculo en hidrología. Se define como un área limitada topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple, localizada en el punto más bajo de la misma. El límite topográfico es la divisoria, la cual se define como la línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial.

FIGURA 19. Cuencas hidrográficas Quebrada Seca parte alta



Fuente: Equipo consultor Ingeniería v Consultoría Intebral SAS - 2023

La Quebrada Seca a partir del puente sobre la vía Suaza-Florencia, tiene un área de 1553.29 ha, tiene su origen en la parte alta de la Serranía de La Ceja, en la Vereda Pajijí a una altura de 1450 msnm, con un recorrido de 6 Km hasta su desembocadura en el río Suaza a una altura de 900 msnm.

Forma de la hoya.

Esta característica es importante, pues se relaciona con la capacidad de concentración del caudal pico de una creciente. En hoyas circulares esta concentración es mayor, mientras que en hoyas alargadas es menor.

El régimen hidrológico es una función compleja de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la configuración del territorio en el cual se desarrolla el fenómeno. El análisis de estas características da los fundamentos para documentar la analogía territorial y así establecer las relaciones hidrológicas de generalización territorial.

Aunque las variables morfométricas y el carácter hidrológico son más cualitativas que cuantitativas, tienen gran influencia sobre este último. Los parámetros morfométricos tales como el área, la elevación media de la cuenca, la pendiente media de la corriente, la longitud de la corriente principal, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, se establecieron para las cuencas de estudio, atendiendo la necesidad de interpretar la respuesta hidrológica esperadas para dichas corrientes.

FACTORES MORFOMÉTRICOS INTRÍNSECOS

Los factores intrínsecos determinados para las cuencas estudiadas se relacionan en la siguiente tabla.


	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

TABLA 1. Factores intrínsecos de la cuenca Quebrada Seca parte alta

Fuente Hídrica	Área total (Km²)	Perímetro (m)	Longitud del cauce principal (m)	Longitud de los cauces (m)
Quebrada Seca	15.53	17432.60	9628.47	71951.80

Fuente: Equipo técnico consultor

FORMA DE LA CUENCA

Índice de compacidad (Kc):

El índice de compacidad se fundamenta en la comparación de la cuenca con una circunferencia cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca. Se define así:

$$Kc = 0.2821 \frac{Pc}{Ac^{0.5}}$$

Dónde:

Kc: Índice de compacidad.

Pc: Perímetro de la cuenca (Km).

Ac: Área de la cuenca (Km²).

Su interpretación se facilita utilizando la clasificación de los rangos de factor de forma que aparecen en la tabla 9.

TABLA 2. Clasificación de cuencas según el índice de compacidad (Kc)

CATEGORÍA	FORMA DE LA CUENCA	RANGO DE VALORES
1	Redonda a oval redonda	1,00 - 1,25
2	Oval redonda a oval oblonga	1,26 - 1,50
3	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,51 - 1,75

Fuente: Monsalve, 2001

Se caracteriza y clasifica la cuenca de acuerdo a su forma, que refleja el comportamiento hidrológico; en la medida que Kc se aproxime a la unidad, la cuenca tendrá una mayor tendencia a concentrar fuertes volúmenes de escurrimiento en un corto tiempo y será propensa a las crecientes.

El cálculo del índice de compacidad (Kc) realizado para la fuente hídrica en estudio se relaciona en la tabla 10, cuyo cálculo obedece a la fórmula anterior, utilizando los valores de cada variable obtenidos de la cartografía y relacionados en la tabla 8.

TABLA 3. Índice de compacidad de la fuente hídrica.

MUNICIPIO	NOMBRE CUENCA	INDICE DE COMPACIDAD	FORMA DE LA CUENCA
Altamira	Quebrada Seca	1.25	Redonda a oval redonda

Fuente: Equipo técnico consultor

De acuerdo con lo anterior, se determina que la cuenca del estudio presenta una Redonda a oval redonda, con tendencia media a concentrar crecidas.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Factor de forma (Kf):

Se basa en la comparación de la cuenca con un cuadrado que tiene la misma área. La evaluación del índice de forma se efectúa estimando la relación entre el ancho promedio del área de captación (A), con respecto a la longitud de la cuenca (L), medida desde el punto más remoto hasta la salida, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L} = \frac{A}{L^2}, \text{ siendo } \bar{L} = \frac{A}{L}$$

Dónde:

Kf: Factor de forma.

A: Área de la cuenca (Km²).

L: Longitud de la cuenca desde el punto más lejano a la salida (Km).

El valor del factor de forma (Kf) de la cuenca, para determinar la medida complementaria al índice de compacidad (Kc) e identificar sus efectos por la concentración de agua de precipitación durante una lluvia de gran intensidad, es 0,17.

Un valor aproximado a la unidad corresponde a una cuenca de forma casi cuadrada; un valor de Kf inferior a la unidad (1) supone una cuenca de forma alargada, y si es mayor a la unidad, será de forma achatada o con el drenaje principal corto. Igualmente, un valor cercano a la unidad significa que el sistema de drenaje concentraría sus aguas en un tiempo reducido, favoreciendo la regulación hidrológica con tiempos de concentración altos y escurrimientos moderados.

El factor de forma determinado para la fuente hídricas del proyecto se muestra en la tabla 11. El cálculo obedece a la fórmula anterior, utilizando los valores de cada variable obtenidos de la cartografía y relacionados en la tabla 8.

TABLA 4. Factor de forma de la cuenca

NOMBRE CAUCE	FACTOR DE FORMA
Quebrada Seca	0.17

Fuente: Equipo técnico consultor

Como los valores de factor de forma para la cuenca en estudio es menor de 1, se hace la consideración que su morfología es similar a un rectángulo, con una corriente principal alargada y por ende con poca tendencia a concentrar el escurrimiento superficial.

De acuerdo con su sofometría, la cuenca en estudio presenta características de flujo lento, donde la forma alargada propicia un tiempo de concentración alto que contribuye a la regulación de los caudales con respecto a su punto de salida.

Sistema de drenaje.

Este parámetro indica la cantidad de los cursos de agua en la hoya y se identifica con la densidad de drenaje, definida esta última como la longitud total de los cursos de agua dentro de la hoya entre el área de drenaje de la misma. Una hoya con buen sistema de drenaje tiende a producir un mayor caudal pico de escorrentía superficial.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Pendiente media de la cuenca (P1):

La determinación de la pendiente media de la cuenca se realizó por el coeficiente de Seyhan (1976), a saber:

$$P1 = \frac{Hm}{L}$$

Dónde:

P1: Índice de pendiente de la cuenca.

Hm: Diferencia hipsométrica entre el punto de máxima altitud y el punto de salida del agua (m).

L: Longitud del cauce principal dentro de la cuenca (m).

Con este coeficiente (P1) se puede clasificar la cuenca de acuerdo al tipo de relieve, según se muestra en la tabla 12.

TABLA 5. Clasificación de cuencas según el índice de pendientes.

LIMITES DE P1	TIPO DE RELIEVE
0,011 - 0,1	Suave
0,1 - 0,24	Moderado
0,24 - 1,667	Accidentado

Fuente: Equipo técnico consultor

En la tabla 13 se muestra los resultados del parámetro de pendiente para la cuenca de interés, donde se toma el valor de su cota más alta con respecto a la más baja en el punto de salida del cauce, con referencia al nivel del mar. El cálculo obedece a la fórmula anterior, utilizando los valores de cada variable obtenidos de la cartografía y relacionados en la tabla 12.

TABLA 6. Pendiente media de la cuenca

Cuenca	LCP m	HI msnm	HF msnm	HM m	P1 %
Quebrada Seca	9628.47	1350	929	421	0.04

Fuente: Equipo técnico consultor

LCP: Longitud del cauce principal (m).

HI: Elevación de la parte más alta de la cuenca (msnm).

HF: Elevación de la parte más baja de la cuenca (msnm).

HM: Diferencia hipsométrica.

P1: Índice de pendiente.

En conclusión, la cuenca en estudio, presentan un índice de pendiente que corresponde a un tipo de relieve moderado, por lo que la velocidad del agua va a ser moderada en una eventual lluvia de gran intensidad, lo que se traduce en un potencial moderado de erosión y del transporte de materiales de tamaño medio.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Sistema de drenaje:

El sistema de drenaje de la cuenca está compuesto por la corriente principal y sus tributarios; la disposición de la red de drenaje, la densidad de las corrientes perennes e intermitentes y las características de éstas, son fundamentales en la eficacia del sistema de drenado. A su vez, la rapidez de respuesta de la corriente superficial y las características de los hidrogramas son dependientes de la eficiencia del drenaje; igualmente, las características de la red de drenaje pueden ser descritas por la densidad de drenaje. Según la teoría de Horton, se debe clasificar la red hidrográfica por medio de índices numéricos, determinando así cauces que carecen de tributarios de primer orden hasta que la corriente principal de la cuenca considerada que posee obtenga el orden más elevado.

Según la teoría de Horton, se debe clasificar la red hidrográfica por medio de índices numéricos, determinando así cauces que carecen de tributarios (de primer orden) hasta que la corriente principal de la cuenca considerada obtenga el orden más elevado.

TABLA 7. Clasificación Horton de la cuenca

CUENCA	CLASIFICACION HORTON
Quebrada Seca	4

Fuente: Equipo técnico consultor

Densidad de drenaje (Dd)

Este indicador permite tener un conocimiento de la eficiencia del sistema de drenaje superficial de la cuenca, el cual se determina con la siguiente ecuación y cuyos resultados se muestran en la Tabla 15:

$$Dd = \frac{Lc}{Ac}$$

Dónde:

Lc: Longitud total de los cauces identificados (Km).

A: Área de la cuenca (Km²).

TABLA 8. Densidad de drenaje de la cuenca.

CUENCA	Área total (Km²)	Longitud drenajes (Km)	Dd (Km/Km²)
Quebrada Seca	15.53	71.95	4.63

Fuente: Equipo técnico consultor

Las cuencas en estudio cuentan con una red de drenaje moderadamente eficiente puesto que es mayor a 4.0 Km de cauce por kilómetro cuadrado, dando como resultado un área moderadamente drenada.

Tiempo de Concentración

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas estipuladas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

Ecuación de Kirpich

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Ecuación de Témez

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.78}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Ecuación de Williams

$$T_c = 0.683 \left(\frac{L A^{0.40}}{D S^{0.25}} \right)$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

D: Diámetro de una cuenca circular con área "A", en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Ecuación de Johnstone y Cross

$$T_c = 2.6 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/km)

Ecuación de Giandioti

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, $T_c = \frac{4 A^{0.5} + 1.50 L}{25.3 (L S)^{0.5}}$

L: Longitud del cauce principal

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación de SCS-Ranser

$$T_c = 0.947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

Ecuación de Venture-Heras

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Ecuación de V.T. Chow

$$T_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos

$$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación de Hathaway

$$T_c = \frac{36.36 (L n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en minutos (min).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

n: Factor de rugosidad, adimensional

Ecuación de Izzard

$$T_c = \frac{134.5964 (0.0007 i + c) L^{0.33}}{S^{0.333} i^{0.667}}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en min (min).

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

c: Coeficiente de retardo, adimensional. Igual a para pavimentos lisos, 0.012 para pavimentos rugosos o de concreto y 0.06 para superficies densas de pastos.

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación de Federal Aviation Administration

$$T_c = \frac{3.261 (1.1 - C) L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en minutos (min).

C: Coeficiente de escorrentía, del método racional, adimensional.

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Ecuación de onda cinemática (Morgali y Linsley, y Aron y Erborge)

$$T_c = \frac{6.998 L^{0.60} n^{0.60}}{i^{0.4} S^{0.3}}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en min (min).

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

n: Coeficiente de rugosidad de Manning de la superficie, adimensional

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación de retardo del Soil Conservation Service, SCS

$$T_c = \frac{\left(\frac{10}{6}\right) L^{0.80} (2540 - 22.86 CN)^{0.70}}{14104 CN^{0.70} S^{0.5}}$$

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

CN: Número de curva del SCS.

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación de George Rivero

$$T_c = \frac{16 L}{(1.05 - 0.2 p) (100 S)^{0.04}}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).

p: Relación entre el área de la hoya cubierta de vegetación y el área total de la misma, valor adimensional.

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Ecuación según el método de la velocidad del SCS

$$T_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Velocidad promedio del agua en el tramo de canal, en metros por segundo (m/s).

Aunque el cálculo de los diferentes tiempos de concentración para una hoya hidrográfica difiere de acuerdo con la fórmula empleada, se requiere que se utilice, desde el punto de vista de la seguridad en relación con menores tiempos de concentración (mayores intensidades de precipitación y/o histogramas de lluvias más concentrados), la fórmula de Kirpich. Por otro lado, se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min (según manual drenaje de carreteras del INVIAS), con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

Los datos dudosos(outliers) son puntos de la información alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas.

De acuerdo con la prueba de Z-Score para identificar valores outliers, si la asimetría de estación está entre 3 y -3, se consideran datos dentro de una distribución normal. Sin embargo, al tratarse de unos datos más sensibles al cambio por la naturaleza de los valores, se propone usar un puntaje Z igual a 1 y -1, obteniendo el siguiente resumen de datos.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

TABLA 9: Tiempos de concentración cuenca parte Alta Quebrada Seca

TABLA RESUMEN DE LOS TIEMPOS DE CONCENTRACION CALCULADOS					
Ecuación	Autor	Tc (h)	Tc (min)	Puntuación Z	Tc (min)
1	Kirpich	1.26	75.89	-0.72	75.89
2	Témez	1.29	77.49	-0.70	77.49
3	Williams	3.06	183.81	0.25	183.81
4	Johnstone y Cross	3.14	188.24	0.29	188.24
5	Giandioti	1.84	110.41	-0.41	110.41
6	SCS-Ranser	1.26	75.89	-0.72	75.89
7	Ventura - Heras	1.24	74.61	-0.73	74.61
8	V.T. Chow	3.17	190.00	0.31	190.00
9	Cuerpo Ingenieros	2.84	170.25	0.13	170.25
10	Hathaway	2.37	141.96	-0.13	141.96
11	Izzard	0.76	45.86	-0.99	45.86
12	Federal Aviation	0.98	58.73	-0.87	58.73
13	Onda Cinemática	5.32	318.96	1.47	
14	Retardo SCS	8.03	481.83	2.93	
15	George Rivero	2.31	138.58	-0.16	138.58
16	Velocidad SCS	2.70	162.10	0.06	162.10
Número de datos (n)		16			
Máximo (Máx)		481.83			
Mínimo (Min)		45.86			
Promedio (\bar{x})		155.91			
Desviación Estándar (s)		111.27			
Coefficiente Asimetría (Cs)		1.92			
Umbral de datos Z-Score		1.00			
Promedio Tc Escogido		120.99 min			

Fuente: Equipo Consultor

De acuerdo con los cálculos, el tiempo de concentración para las ecuaciones de presentadas en el manual de obras menores de INVIAS, y posteriormente seleccionadas por la prueba de Z-Score para datos anómalos, se opta por utilizar un tiempo de concentración promedio de 120.99 min.

Número de curva (CN)

El método del Número de Curva se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de características del suelo, uso del mismo y su cubierta vegetal. A partir de la representación de la precipitación (P) y precipitación efectiva (Pe) se obtuvo una familia de curvas que fueron estandarizadas para definir un número adimensional de curvas NC, que varía de 1 a 100 según sea el grado de escurrimiento directo. El NC igual a

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

1 indica que toda la lluvia infiltra y un NC de 100 representa el escurrimiento total de la precipitación (Monsalve, 1995).

El número de curva depende de factores relacionados con el clima, el suelo y la cobertura vegetal del área objeto de estudio. Para su determinación es necesario contar con la información establecida a continuación.

Condición de Humedad antecedente

La condición de humedad antecedente está relacionada con el potencial de escorrentía de una cuenca hidrográfica. Esta puede ser seca, con un mínimo potencial de escorrentía, media, y húmeda con un alto potencial. Para esto, el manual de drenaje para carreteras ha categorizado la humedad antecedente según la siguiente tabla.

TABLA 10. Precipitación acumulada para tres niveles de condición de humedad antecedente

CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE (AMC)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE LOS 5 DÍAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACIÓN (mm)
I	0 - 36
II	36.1 – 52.5
III	Más de 52.5

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS, 2009)

La condición de humedad antecedente depende de la lluvia total de los cinco días anteriores al evento en consideración y se clasifica en tres grupos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 11. Precipitación acumulada en la estación Guadalupe para los cinco días anteriores al evento a considerar

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
1988-02-07 00:00	0	Definitivo
1988-02-08 00:00	0	Definitivo
1988-02-09 00:00	15	Definitivo
1988-02-10 00:00	0	Definitivo
1988-02-11 00:00	6	Definitivo
1988-02-12 00:00	140	Definitivo

Fuente: Equipo Consultor

La máxima precipitación registrada en 24 horas por la estación Guadalupe fue de 140 mm y se presentó el día 12 de febrero de 1988. La precipitación acumulada de los 5 días previos a la máxima precipitación es de 21 mm. Lo anterior establece que la condición de humedad antecedente para el área de estudio de la microcuenca de la quebrada Seca es seca (AMC I) con el menor potencial de escorrentía con los suelos estando suficientemente secos para un arado satisfactorio o para que una siembra se lleve a cabo.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Uso y tratamiento del suelo según su condición hidrológica

El efecto de la condición superficial sobre la hoya hidrográfica se evalúa por medio de las clases de tratamiento y uso del suelo. El uso del suelo pertenece a la cobertura de la hoya, incluyendo todo tipo de vegetación, humus vegetal, tierras en descanso (suelo limpio), así como usos no agrícolas, como superficies de agua (lagos, ciénagas u otras), superficies impermeables (caminos, techos, etc.) y áreas urbanas. El tratamiento del suelo se aplica principalmente a los usos agrícolas del suelo, y éste incluye prácticas mecánicas, como el perfilado de curvas de nivel o terraceo, y prácticas de manejo, como el control de pastoreo y la rotación de cultivos. Una clase de tratamiento/uso es la combinación frecuentemente encontrada en una hoya hidrográfica.

Los prados son evaluados con una condición hidrológica de pasto natural. El porcentaje de área cubierta con pasto natural y la intensidad de pastoreo son estimadas visualmente. Una condición hidrológica pobre corresponde a menos del 50 % de área cubierta y alta intensidad de pastoreo. Una condición hidrológica aceptable corresponde al 50 a 75 % del área cubierta y media intensidad de pastoreo. Una condición hidrológica buena corresponde a más del 75 % de área cubierta y ligera intensidad de pastoreo.

Por lo tanto, considerando el análisis de la cobertura de usos y suelos (capítulo 2.2.4), se formulan las siguientes equivalencias a las coberturas y usos de suelos teniendo presente los usos y tratamientos condicionados de manera hidrológica, apoyándose esta información en imágenes satelitales y visita de campo en la zona de estudio.

TABLA 12. *Uso y tratamiento según condición hidrológica de la cuenca*

CODIGO	COBERTURA	USO Y TRATAMIENTO	CONDICION HIDROLOGICA
231	Pastos limpios	Pastos, forraje y pastoreo	Mala
232	Pastos arbolados	Pastos, forraje y pastoreo	Regular
233	Pastos enmalezados	Pastos, forraje y pastoreo	Buena
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Bosques	Regular
314	Bosque de galería y ripario	Bosques	Buena
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	Bosques	Buena
3221	Arbustal denso	Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento	Buena
3222	Arbustal abierto	Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento	Regular
3231	Vegetación secundaria alta	Combinación de bosques y pastos	Regular
3232	Vegetación secundaria baja	Combinación de bosques y pastos	Regular

Fuente: Equipo técnico consultor

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Clasificación hidrológica de los suelos

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en el planteamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía superficial a partir de la precipitación. Las propiedades de los suelos “desnudos”, luego de un humedecimiento prolongado, que son consideradas para estimar la tasa mínima de infiltración, son: profundidad del nivel freático en época de invierno, infiltración y permeabilidad del suelo luego de un humedecimiento prolongado, y la profundidad hasta el estrato de permeabilidad muy baja. La influencia de la cobertura vegetal es tratada independientemente. Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos A, B, C, y D, de acuerdo con el potencial de escurrimiento.

- A. (Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
- B. (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.
- C. (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm).
- D. (Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcalis y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta.

1.3 ESTIMACION DE CAUDALES

Los caudales generados en una cuenca hidrográfica son producto de las precipitaciones que se presentan en la zona donde se localiza la fuente hídrica, pero están ligados a diferentes aspectos propios de la cuenca tales como los regímenes de precipitación, pendiente del terreno, cobertura del suelo, intervención antrópica, propiedades de los suelos, que en conjunto ofrecen condiciones para que se genere la escorrentía que es la que da origen a los caudales de una fuente hídrica.

La determinación del caudal de una fuente hídrica obtiene de los instrumentos de medición que para tal caso se instalen tal es el caso de estaciones limnimétricas o limnigráficas, que registran durante largos periodos de tiempos niveles y que acorde a parametrización del tramo donde están instaladas permiten establecer el volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo, siendo este el caudal de dicha fuente, en el sitio donde está la estación de medición.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

En la cuenca de Quebrada Seca no existen estaciones de medición de caudales, por lo cual su determinación se hace a través de métodos indirectos.

También es posible establecer el caudal de forma indirecta utilizando los datos de caudales de la estación Puente Garces, ya que la microcuenca de la quebrada Seca hace parte de la cuenca del Río Suaza.

Los modelos lluvia – escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en hoyas hidrográficas, y son modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

La determinación del caudal esperado para varios periodos de retorno depende principalmente de la intensidad de la precipitación esperada, del área de la cuenca y del coeficiente de escorrentía.

Si se cuenta con poca información y no se requiere precisar la forma del hidrograma de escurrimiento, se puede utilizar el hidrograma unitario triangular.

El método simplifica al hidrograma unitario real, suponiéndole forma triangular y definiéndolo a partir de su altura y base por medio del gasto de pico (q_p), y el tiempo base (T_b). Este método es muy aplicable, fundamentalmente a cuencas no aforadas y para definirlo únicamente se requiere conocer las características físicas o hidrológicas de la cuenca.

El gasto de pico (q_p) del hidrograma unitario triangular (HUT) se puede calcular con base a la formula siguiente:

$$q_p = 0.208 \frac{A}{T_p}$$

Donde:

q_p = Gasto pico del hidrograma unitario, en $m^3/seg-mm$.

A = Área de la cuenca, en Km^2 .

T_p = Tiempo pico, igual al tiempo entre el inicio y el máximo del escurrimiento directo, en hr; el cual se calcula con la ecuación:

$$T_p = 0.5d + T_r$$

Siendo:

d = Duración efectiva de la tormenta, en hrs.

T_r = Tiempo de retraso, en hrs., definido como el tiempo en horas entre el centro de masa de la tormenta y la hora del gasto máximo, calculando su valor por medio de la ecuación siguiente:

$$T_r = 0.6T_c$$

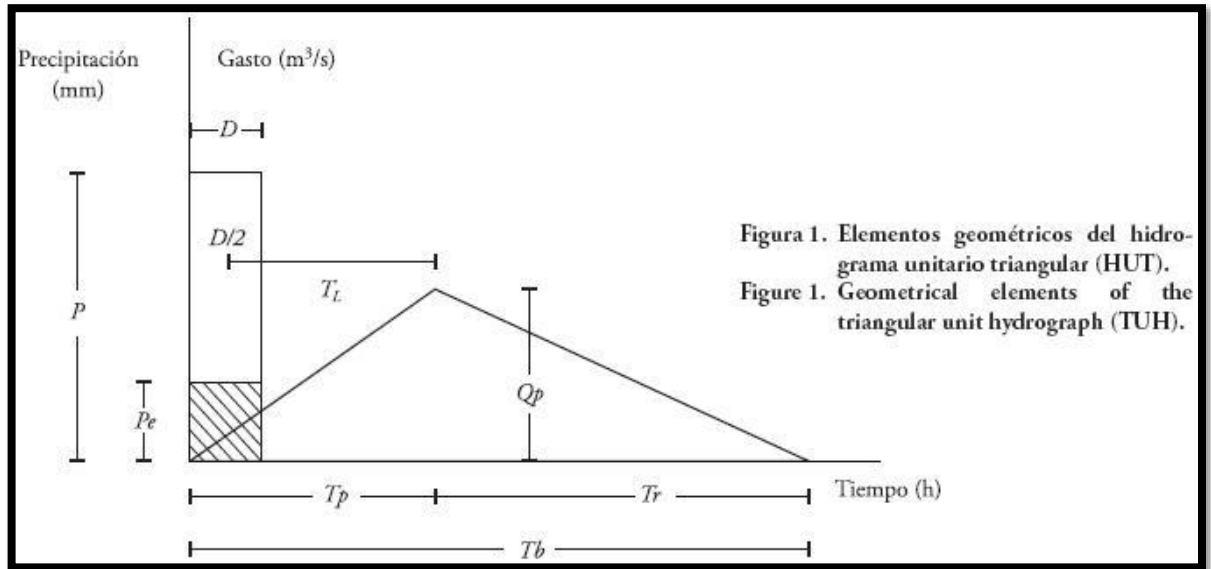
Donde:

T_c = Tiempo de concentración, en hrs, que se puede calcular con la fórmula dependiendo si la cuenca es urbana o no urbana. Si no se conoce la duración efectiva d , se puede estimarse a partir de la siguiente expresión:

$$d = 2\sqrt{T_c}$$

En la siguiente Figura se muestra el grafico de un Hidrograma Unitario Triangular, con las literales antes vistas.

FIGURA 1. Hidrograma unitario triangular



La suma de T_p y T_r , se le denomina tiempo base (T_b) del hidrograma y con base al análisis de un gran número de hidrogramas reales se adoptó como valor medio el siguiente, para cuencas sin aforar:

$$T_b = 2.67T_p$$


El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan calculadas en el capítulo 3.1.9.

Por las características topográficas, el tiempo de concentración estimado para la quebrada La Seca es de 120.99 min.

Aplicación del método del diagrama unitario HUT:

Paso 1: Se calculan las siguientes características físicas de la cuenca:

A = Área de la cuenca en Km^2

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

T_c = Tiempo de concentración en hr

N = Numero de la curva de escurrimiento para la condición media de humedad en la cuenca

Paso 2: Se calcula el T_p , si no se cuenta con información pluviográfica de las tormentas, se pueden realizar las simplificaciones de las ecuaciones empleando el valor de T_c .

Paso 3: Se calcula T_b con la ecuación.

Paso 4: Se calcula la precipitación total asociada a un periodo de retorno, con cualquiera de los métodos probabilísticos, por ejemplo: Lognormal a 2 parámetros, Gumbell o Log Pearson.

TABLA 13. Estimación de las precipitaciones máximas en 24 horas con periodo de retorno en la estación Guadalupe

T	Precipitación	Prob ($P_{max} \leq x$)
2.33	75.40	0.570815451
5	98.83	0.8
10	117.91	0.9
15	128.67	0.93
25	142.02	0.96
50	159.90	0.98
100	177.65	0.99
500	218.68	0.998

Fuente: Equipo técnico consultor


Paso 5: De acuerdo al número N de la curva de escurrimiento, se calcula la altura de la precipitación en exceso (P_e).

TABLA 24. Resumen CN a partir de las coberturas de la cuenca de la quebrada Seca

CODIGO	COBERTURA	AREA (Ha)	%	VALOR CN	CN PONDERADO
231	Pastos limpios	18.29	1.18	72	0.85
232	Pastos arbolados	4.33	0.28	62	0.17
233	Pastos enmalezados	16.68	1.07	55	0.59
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	17.55	1.13	54	0.61
314	Bosque de galería y ripario	257.03	16.55	51	8.44
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	85.40	5.50	51	2.80
3221	Arbustal denso	197.36	12.71	45	5.72
3222	Arbustal abierto	147.61	9.50	51	4.85
3231	Vegetación secundaria alta	553.06	35.61	58	20.65
3232	Vegetación secundaria baja	255.97	16.48	58	9.56
TOTAL		1553.29	100.00		54.24

Fuente: Equipo técnico consultor

Con base al número N de la cuenca, se calculan las lluvias en exceso para cada una de las lluvias determinadas en el paso anterior, por medio de la fórmula de Ven T. Chow siguiente:

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

$$Pe = \frac{\left(P - \frac{5080}{N} + 50.8\right)^2}{P + \frac{20320}{N} - 203.2}$$

Donde:

Pe = Precipitación o lluvia en exceso, en mm

P = Lluvia de 6 horas de duración en determinado periodo de retorno, en mm

Para el cálculo de la precipitación esperada con diferente duración se tienen en cuenta los siguientes coeficientes:

TABLA 14. Coeficientes estimativos de lluvia en función de la duración.

DURACION (Hr)	Coeficiente	DURACION (Hr)	Coeficiente
24	1	1	0.3
18	0.91	0.83	0.146
12	0.8	0.667	0.134
8	0.68	0.5	0.119
6	0.61	0.333	0.1
5	0.57	0.1666	0.072
4	0.52	0.083	0.048
3	0.46	0.05	0.033
2	0.39		


Fuente: Equipo técnico consultor

Paso 6: Se calcula el gasto pico del HUT (*qp*) y se procede a dibujar la forma del hidrograma, utilizando los valores de *qp*, *Tp* y *Tb*.

Paso 7: Por último, se multiplica el gasto pico del HUT por la altura de precipitación en exceso asociado a un periodo de retorno y se obtiene el gasto pico máximo (*Qp*), procediendo a graficas el hidrograma de diseño.

TABLA 15. Caudales esperados para varios periodos de retorno para la quebrada Seca, calculados mediante el método del hidrograma unitario (HUT)

<i>Tr</i>	AREA	<i>Tc</i>		<i>d</i>	<i>Tr</i>	<i>Tp</i>	<i>Tb</i>	CN	<i>P</i> 6Hr	<i>Pe</i>	<i>qp</i>	<i>Q</i>
		Promedio	Promedio									
Años	Has	Min	Hr						mm		m ³ /s-mm	m ³ /seg
2	1553.29	120.99	2.02	2.84	1.21	2.63	7.02	54.24	45.17	0.02	1.23	0.03
5	1553.29	120.99	2.02	2.84	1.21	2.63	7.02	54.24	58.94	1.12	1.23	1.38
10	1553.29	120.99	2.02	2.84	1.21	2.63	7.02	54.24	70.15	3.08	1.23	3.79
15	1553.29	120.99	2.02	2.84	1.21	2.63	7.02	54.24	76.48	4.56	1.23	5.60

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

25	1553.2 9	120.99	2.02	2.8 4	1.2 1	2.6 3	7.0 2	54.2 4	84.32	6.72	1.23	8.26
50	1553.2 9	120.99	2.02	2.8 4	1.2 1	2.6 3	7.0 2	54.2 4	94.83	10.1 4	1.23	12.46
100	1553.2 9	120.99	2.02	2.8 4	1.2 1	2.6 3	7.0 2	54.2 4	105.2 7	14.0 7	1.23	17.29
500	1553.2 9	120.99	2.02	2.8 4	1.2 1	2.6 3	7.0 2	54.2 4	129.3 8	24.8 8	1.23	30.57


Fuente: Equipo técnico consultor

Los cálculos de caudal estimado para un periodo de retorno arrojan un resultado de 17.29 m³/seg.

De otra parte, es posible estimar los caudales de la microcuenca de la Quebrada Seca a partir de los caudales medidos en la estación Puente Garces del Río Suaza, para lo cual se parte de la serie histórica de caudales máximos registrados por el DEAM y publicados en su portal, los cuales se sintetizan en a la siguiente tabla.

TABLA 16. Caudales Río Suaza - Estación Puente Garces

No	Año	Caudal M ³ /Seg	No	Año	Caudal M ³ /Seg
1	1964	405	30	1993	269.2
2	1965	316	31	1994	376
3	1966	374	32	1995	240.4
4	1967	600	33	1996	322
5	1968	535	34	1997	278.2
6	1969	582	35	1998	324.5
7	1970	550	36	1999	250.1
8	1971	603	37	2000	516.5
9	1972	745.2	38	2003	235
10	1973	350.5	39	2004	325
11	1974	360.6	40	2005	275.5
12	1975	413	41	2006	370
13	1976	400	42	2007	352
14	1977	407.8	43	2008	239.5
15	1978	415.6	44	2009	361
16	1979	341.4	45	2010	361
17	1980	498	46	2011	325
18	1981	304	47	2012	395
19	1982	269.4	48	2013	395
20	1983	570	49	2014	445
21	1984	600.4	50	2015	280
22	1985	472.4	51	2016	343
23	1986	472.2	52	2017	226.25
24	1987	302.5	53	2018	235
25	1988	380.8	54	2019	280
26	1989	385.6	55	2020	370
27	1990	336	56	2021	445
28	1991	356.8	57	2022	395

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

No	Año	Caudal M ³ /Seg	No	Año	Caudal M ³ /Seg
29	1992	233.2	58	2023	293.5

Fuente: IDEAM

El máximo historio es de 745.2 m³/seg registrado en el año 1972, con una media de 387.20 m³/seg.

Haciendo el análisis de probabilidad de Gumbel se obtienen los caudales máximos esperados para varios periodos de retorno como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 17. Caudales esperados en el Rio Suaza - Estación Puente Garces

Gumbel		
T	Precipitacion	Prob(Pmax<=x)
2.33	383.77	0.570815451
5	474.56	0.8
10	548.51	0.9
15	590.23	0.93
25	641.94	0.96
50	711.26	0.98
100	780.06	0.99
500	939.05	0.998

Fuente: Equipo técnico consultor 2025

Teniendo en cuenta el área de la cuenca colectora, se puede inferir el caudal de otra cuenca, teniendo en cuenta lo establecido por Johnston y Cross (en Eagleson 1970) quienes consideran que si dos cuencas hidrográficas son hidráulicamente semejantes en todos sus aspectos se cumple la siguiente relación:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^{\frac{3}{4}}$$

En este caso la cuenca de Quebrada Seca hace parte de la cuenca del Rio Suaza, por lo cual comparten características hidráulicas semejantes.

Para establecer el caudal máximo de la Quebrada Seca se aplicará la formula con los siguientes datos:

Área cuenca colectora de rio Suaza hasta el puente Garcés 1.127,89 Km²

Área cuenca Quebrada Seca 15.53 Km²

No obstante, dentro del manual drenajes del INVIAS, también establecen un método para la transposición de datos en una cuenca, solamente que no establecen $\frac{3}{4}$ como denominador si no que lo dejan al aire entre 0.5 y 0.8, por lo que para efectos mayorados en este estudio, se empleó un coeficiente de 0.775.

Los cálculos indican que el caudal máximo esperado con un tiempo de retorno de 100 de la Quebrada Seca es de 28.14 m³/seg.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Los cálculos indican que el caudal máximo esperado con un tiempo de retorno de 500 de la Quebrada Seca es de 33.91 m³/seg.

Analizando el caudal estimado por los dos métodos se encuentra que el obtenido con la ecuación de Johnston y Cross es mayor al inferido por el método del diagrama unitario, por lo cual para los cálculos siguientes será tenido en cuenta, dando mayores márgenes de seguridad a las obras proyectadas.

2. ESTUDIOS HIDRAULICOS

2.1 SIMULACION HIDRAULICA DE CAUDALES EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA SECA

La simulación hidráulica de un cauce tiene por objeto determinar el comportamiento de una creciente con un caudal dado teniendo en cuenta las condiciones topográficas. Para ello se parte de un levantamiento topográfico detallado del cauce, cuya cartera topográfica se muestra en el anexo topográfico (Anexo 3), sobre el cual se establecen secciones batimétricas y topográficas sobre las cuales, con la ayuda de un software especializado se hace la correspondiente simulación.

2.1.1. SIMULACIÓN DEL FLUJO DE CAUDALES

La simulación hidráulica tiene por objeto la determinación de áreas de inundación en los sitios donde se levantaron las secciones batimétricas mediante el empleo del software HEC RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

Para establecer las características hidráulicas predominantes en las fuentes hídricas en los puntos cercanos al sitio de las batimetrías de las diferentes secciones, determinadas por el estado del movimiento del flujo (fuerzas de gravedad y rozamiento que se oponen al flujo y las fuerzas de gravedad que lo causan) y las características geométricas del mismo cauce en dicho lugar, se consideró efectuar la calibración y aplicación del modelo HEC RAS (Hydrologic Engineering Centers River Análisis System) elaborado por el U S Army Corps of Engineers de USA.

Se efectuó visita de reconocimiento y levantamiento de secciones transversales a fin de obtener unas condiciones ponderadas del cauce de la fuente en el sitio del proyecto **Modelo matemático de flujo.**

El programa HEC RAS, es considerado el modelo más ampliamente usado en la determinación de perfiles de flujo en canales naturales (ríos) o construidos. El procedimiento básico de cálculo que emplea está basado en la solución de la Ecuación de Manning. El modelo permite entre otros obtener el perfil de las láminas de agua en un tramo.

El modelo simula la hidráulica del flujo de canales de cualquier tipo de sección transversal bajo condiciones de flujo gradualmente variado, opera de acuerdo con la siguiente ecuación de energía:

$$Y_2 + Z_2 + (\alpha_2 V_2^2 / 2g) = Y_1 + Z_1 + (\alpha_1 V_1^2 / 2g) + h_e$$

Donde:

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

$Y1, Y2 =$ Profundidades del agua abajo(1) y aguas arriba(2) del tramo considerado, este tramo es considerado cabeza de presión en m.

$Z1, Z2 =$ Nivel del fondo del canal aguas abajo (1) y aguas arriba (2) del tramo considerado, este término es considerado como cabeza de posición en m.

$V_2^2/2g, V_1^2/2g =$ Cabeza de velocidad aguas arriba y aguas abajo del tramo considerado, en m

$\alpha =$ Coeficiente de velocidad

$h_e =$ Perdidas de energía en el tramo, se dividen en pérdidas por fricción (h_f) y perdidas localizadas (h_l) en m.

El modelo puede expresar las perdidas por fricción (h_f) en un tramo de longitud (L) para un flujo gradualmente variado por medio de la Ecuación de Manning según la siguiente expresión:

$$h_f = ((Sf_1 + Sf_2)/2)L$$

Donde

$Sf_1 + Sf_2 =$ Corresponden a los valores de pendiente de la línea de energía aguas arriba (2) y aguas abajo (1) del tramo de longitud L considerado. Estos valores el modelo lo expresa mediante la Ecuación de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo según la siguiente expresión:

$$Sf = (n^2 v^2 / R^{4/3})$$

Donde:

$n =$ Coeficiente de rugosidad de Manning

$v =$ Velocidad promedio del agua en la sección, en m/s

$R =$ Radio Hidráulico en m.

Las perdidas localizadas por contracción o expansión se expresan mediante la siguiente ecuación:

$$h_f = C \text{ ABS}((V^2/2g - V_1^2/2g))$$

Donde:

$C =$ Coeficiente de pérdidas por contracción o expansión, adimensional

$\text{ABS} =$ Representa el valor absoluto de los términos incluidos en el paréntesis.

$V =$ la velocidad promedio del agua, aguas arriba (2) y aguas abajo (1)

El coeficiente de perdidas localizadas por contracción gradual y expansión gradual de la corriente de agua se tomaron iguales a 0.10 y 0.30 respectivamente de acuerdo a lo evaluado por HEC RAS.

2.1.2- ESTIMATIVOS DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

Para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning en la fuente hídrica en los sitios de los transeptos, se dispuso de la información levantada durante el levantamiento topográfico realizado como insumo de trabajo para la ejecución de los trabajos hidráulicos.

El valor de n es muy variable y depende de una cantidad de factores. Al seleccionar un valor adecuado de n para diferentes condiciones de diseño, un conocimiento básico de estos factores debe ser considerado de gran utilidad.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Rugosidad de la superficie

Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardante sobre el flujo. En general, los granos finos resultan en un valor relativamente bajo de n y los granos gruesos dan lugar a un valor alto de n .

Vegetación.

Puede ser vista como una clase de rugosidad superficial. Este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación, y es muy importante en el diseño de canales pequeños de drenaje, ya que por lo común éstos no reciben mantenimiento regular.

Irregularidad del canal

Se refiere a las variaciones en las secciones transversales de los canales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de n , pero cambios abruptos o alteraciones de secciones pequeñas y grandes requieren el uso de un valor grande de n .

Alineamiento del canal

Curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n .

Sedimentación y erosión

En general la sedimentación y erosión activa, dan variaciones al canal que ocasionan un incremento en el valor de n . Urquhart (1975) señaló que es importante considerar si estos dos procesos están activos y si es probable que permanezcan activos en el futuro.

Obstrucción

La presencia de obstrucciones tales como troncos de árbol, desechos de flujos, atascamientos, pueden tener un impacto significativo sobre el valor de n . El grado de los efectos de tales obstrucciones depende del número y tamaño de ellas.

Determinación del coeficiente de rugosidad Manning

Aplicando la fórmula Manning, la más grande dificultad reside en la determinación del coeficiente de rugosidad n pues no hay un método exacto de seleccionar un valor n . Para ingenieros veteranos, esto significa el ejercicio de un profundo juicio de ingeniería y experiencia; para novatos, puede ser no más de una adivinanza, y diferentes individuos obtendrán resultados diferentes.

La siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

TABLA 18: Estimación de rango de rugosidades en Corrientes naturales

Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

<i>Lentas, con embalses profundos y canales ramificados</i>	<i>0,060-0,080</i>
<i>Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa</i>	<i>0,100-0,2001</i>
<i>Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña</i>	<i>0,050-0,080</i>
<i>Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario</i>	<i>0,030-0,200</i>

Fuente. S.M. Woodward and C. J Posey "Hydraulics of steady flow in open channels".

Una extensa recopilación de *n* valores de arroyos y llanuras de inundación se puede encontrar en el libro de Chow "Hidráulica canal abierto" [Chow, 1959]. Extractos del libro de Chow, de los tipos más comunes de los canales, se muestran en la siguiente tabla. El libro de Chow presenta otros tipos de canales, así como imágenes de los arroyos para el que han sido calibrados *n* valores.

TABLA 19: Valores típicos de coeficiente de Manning para fuentes hídricas.

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

2.1.3- SECCIONES TOPOGRAFICAS DE DESARROLLO

Con el programa AUTOCAD CIVIL 3D se hace la modelación de superficie tomando como insumo la topografía del cauce, delimitando la orilla izquierda y derecha, así como el eje, trazando las secciones transversales para este caso cada 20 metros, el área de influencia a cada lado, información exportada hacia HEC RAS, obteniendo así la geometría de la fuente hídrica para la modelación hidráulica.

Luego se hace el proceso de modelación en el programa HECRAS, obteniendo para cada sección las cotas de la lámina de agua para caudales de varios periodos de retorno, así como la línea de energía.

2.1.4- RESULTADOS DE LA MODELACION

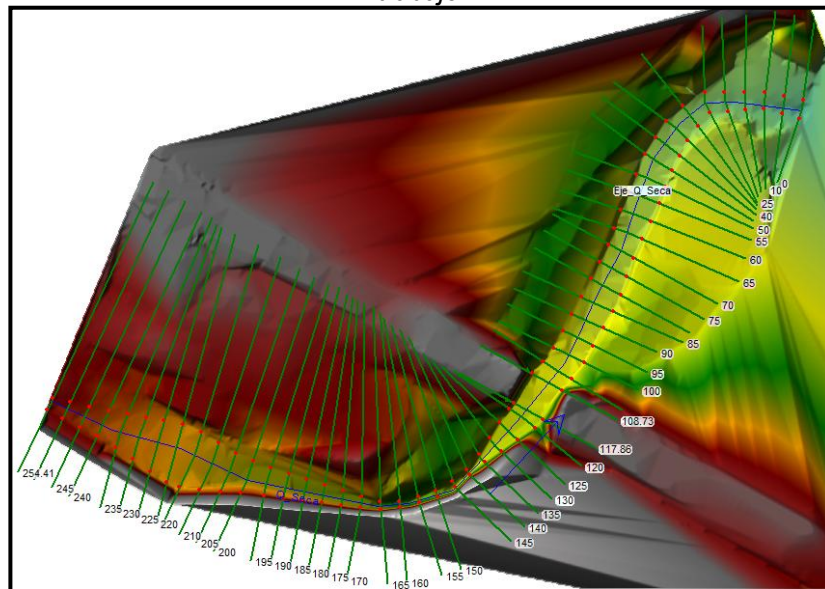
Los resultados de la modelación son los niveles de la lámina de agua en cada sección, con los cuales se establece la cota de inundación para cada sección analizada.

El presente estudio aborda la simulación de la quebrada Seca, en el tramo de influencia del puente sobre la vía Suaza-Florencia.

En el mapa 09 se muestran las secciones de trabajo y las cotas de inundación.

En la siguiente figura, aparece la ubicación del eje del cauce, las orillas y las secciones de trabajo, las cuales inician en la parte más baja en la abscisa 0 metros, que aumenta cada 5 metros hasta el punto más alto de en la abscisa 254.41 metros.

FIGURA 2. Geometría de la superficie del cauce de la Quebrada Seca y secciones de trabajo.



Para la simulación hidráulica del caudal en el cauce de la fuente hídrica, se importa la geometría generada en el programa AUTOCAD CIVIL 3D desde el programa HEC RAS, generando en este programa el perfil de cada sección.

Con los datos de caudal y coeficiente de rugosidad de Manning que deben ser introducidos y con la pendiente que es calculada por el programa con los datos de la geometría se hace la simulación, para la cual se utilizaron los siguientes datos:

FIGURA 3. Coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce de la quebrada Seca



CAUDALES

$Q_{100 \text{ años}} = 28.14 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{500 \text{ años}} = 33.91 \text{ m}^3/\text{s}$

El coeficiente de rugosidad de Manning se determina en función de las características y/o de los materiales que conforman las paredes y el fondo del canal o cauce. De acuerdo a observaciones en campo y con ayuda de tablas se trabajó con los siguientes coeficientes de rugosidad de Manning.

Orilla derecha:
Estaciones 254.41 a 0 = 0.035

Orilla Izquierda:
Estaciones 254.41 a 0 = 0.035

Fondo del cauce:
Estaciones 254.41 a 0 = 0.030

Una vez se hacen los cálculos, el software HEC – RAS elabora una tabla de resultados con los valores calculados por estación. Estos resultados se encuentran en el archivo “Reportequebradaseca.pdf” y se presentan en los anexos (Anexo 4).

TABLA 20: Reporte de la simulación hidráulica de la quebrada Seca

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Q_Seca Reach: Eje_Q_Seca Profile: 100 anios											Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Eje_Q_Seca	254.41	100 anios	28.14	933.27	934.04	934.19	934.50	0.027043	4.17	10.74	29.10
Eje_Q_Seca	250	100 anios	28.14	933.13	933.88	934.06	934.37	0.027314	4.01	10.09	27.17
Eje_Q_Seca	245	100 anios	28.14	932.96	933.69	933.85	934.23	0.027976	3.97	9.55	23.24
Eje_Q_Seca	240	100 anios	28.14	932.79	933.53	933.69	934.09	0.025215	3.87	9.51	22.77
Eje_Q_Seca	235	100 anios	28.14	932.66	933.82	933.52	933.93	0.002334	1.68	20.99	25.65
Eje_Q_Seca	230	100 anios	28.14	932.58	933.83		933.91	0.001506	1.44	24.01	26.76
Eje_Q_Seca	225	100 anios	28.14	932.47	933.83		933.90	0.001025	1.27	26.60	27.87
Eje_Q_Seca	220	100 anios	28.14	932.33	933.83		933.89	0.000724	1.14	28.63	29.32
Eje_Q_Seca	215	100 anios	28.14	932.22	933.84		933.89	0.000528	1.04	32.61	38.20
Eje_Q_Seca	210	100 anios	28.14	932.06	933.84		933.88	0.000485	1.05	34.13	36.46
Eje_Q_Seca	205	100 anios	28.14	931.89	933.84		933.88	0.000486	1.08	34.84	34.41
Eje_Q_Seca	200	100 anios	28.14	931.72	933.83		933.88	0.000559	1.13	34.20	33.34
Eje_Q_Seca	195	100 anios	28.14	931.67	933.82		933.88	0.000662	1.25	33.60	38.35
Eje_Q_Seca	190	100 anios	28.14	931.62	933.80		933.87	0.000828	1.43	31.46	41.61
Eje_Q_Seca	185	100 anios	28.14	931.57	933.76		933.86	0.001164	1.72	27.18	40.41
Eje_Q_Seca	180	100 anios	28.14	931.53	933.74		933.85	0.001253	1.82	24.41	38.54
Eje_Q_Seca	175	100 anios	28.14	931.48	933.69		933.84	0.001760	2.17	21.26	35.41
Eje_Q_Seca	170	100 anios	28.14	931.43	933.52	933.52	933.82	0.003659	3.04	15.68	31.07
Eje_Q_Seca	165	100 anios	28.14	931.29	932.75	933.05	933.72	0.019316	5.47	7.52	9.46
Eje_Q_Seca	160	100 anios	28.14	930.60	932.06	932.46	933.52	0.046500	6.93	6.11	10.58
Eje_Q_Seca	155	100 anios	28.14	930.07	931.81	932.22	933.33	0.032618	6.96	6.87	12.82
Eje_Q_Seca	150	100 anios	28.14	929.81	931.42	931.85	933.15	0.031691	7.19	6.81	13.71
Eje_Q_Seca	145	100 anios	28.14	929.36	930.81	931.50	932.93	0.040659	7.85	5.37	7.09
Eje_Q_Seca	140	100 anios	28.14	929.14	930.78	931.33	932.67	0.036894	7.78	6.17	10.10
Eje_Q_Seca	135	100 anios	28.14	929.05	930.44	931.07	932.47	0.036332	7.03	5.42	8.06
Eje_Q_Seca	130	100 anios	28.14	929.05	930.02	930.68	932.23	0.057395	6.88	4.66	8.04
Eje_Q_Seca	125	100 anios	28.14	929.04	929.74	930.20	931.83	0.097149	6.83	4.84	12.41
Eje_Q_Seca	120	100 anios	28.14	929.03	929.63	930.04	931.22	0.089806	5.88	5.17	12.02
Eje_Q_Seca	117.86	100 anios	28.14	929.02	929.69	930.05	930.97	0.062701	5.20	5.69	13.34
Eje_Q_Seca	108.73	100 anios	28.14	928.87	929.50	929.78	930.45	0.036026	4.48	6.66	13.21
Eje_Q_Seca	105	100 anios	28.14	928.71	929.98	929.63	930.13	0.002651	1.93	17.25	17.53

En la tabla anterior, aparece en la segunda columna, la abscisa tomada a partir de la parte más alta, en la segunda columna Profile aparece el caudal, en la tercera columna (Min Ch El) aparece la cota de fondo del cauce, en la columna W.S. Elev aparece la cota de la lámina de agua para el caudal del periodo de retorno analizado, en la columna E.G. Elev aparece la cota de elevación de la energía del flujo, la columna E.G. slope contiene la pendiente del tramo, luego aparece Vel.Chnl que corresponde a la velocidad del flujo, en la columna Flow Area aparece el área húmeda de la sección, en la columna Top Width aparece el perímetro de la sección y por último El Numero de Froude.

Los resultados de forma gráfica de la modelación para los perfiles seleccionados aparecen en las siguientes figuras.

FIGURA 4. Resultado grafico de la simulación hidráulica de la Quebrada Seca en la estación 220

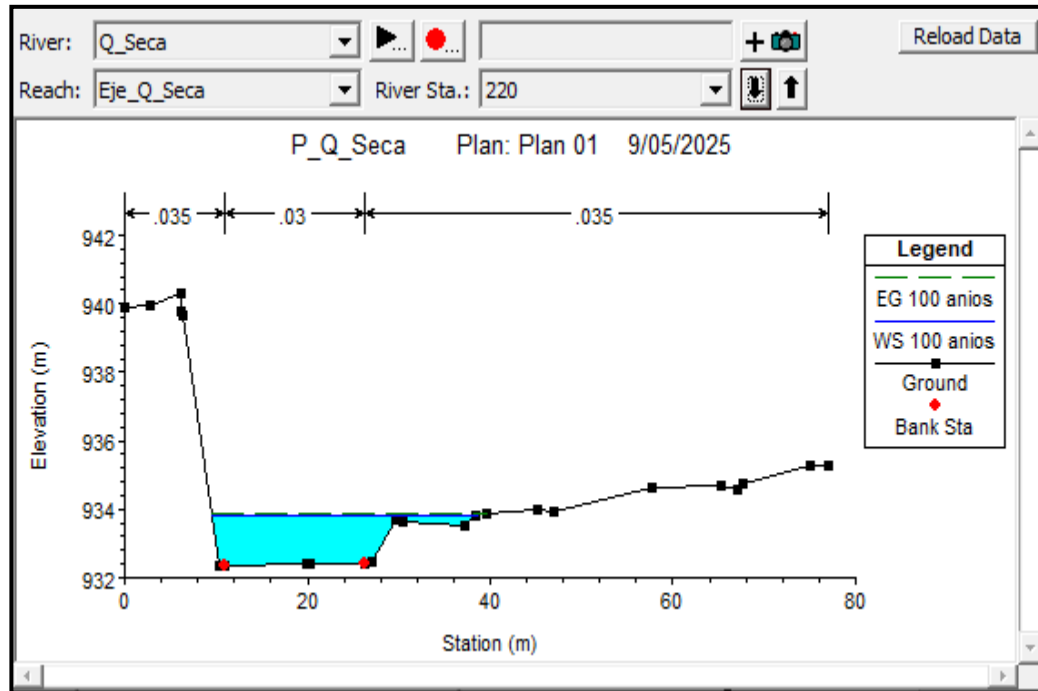


FIGURA 5. Resultado grafico de la simulación hidráulica de la Quebrada Seca en la estación 120.

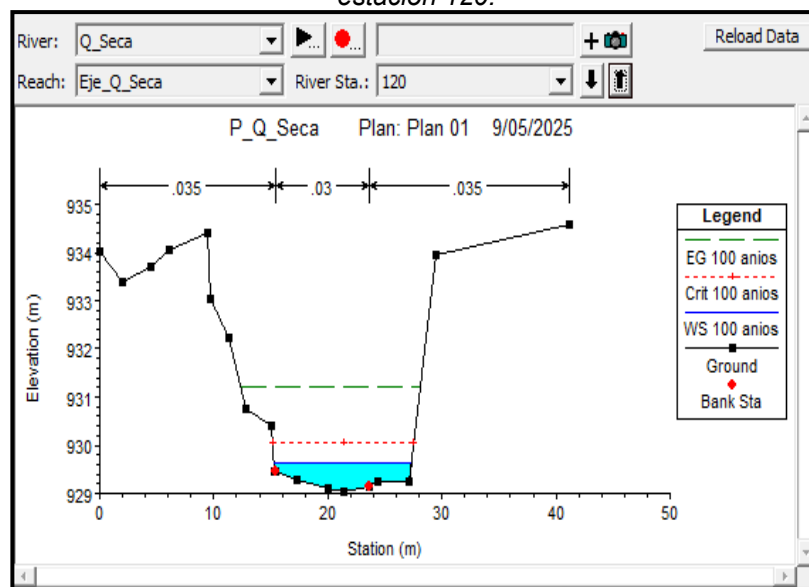
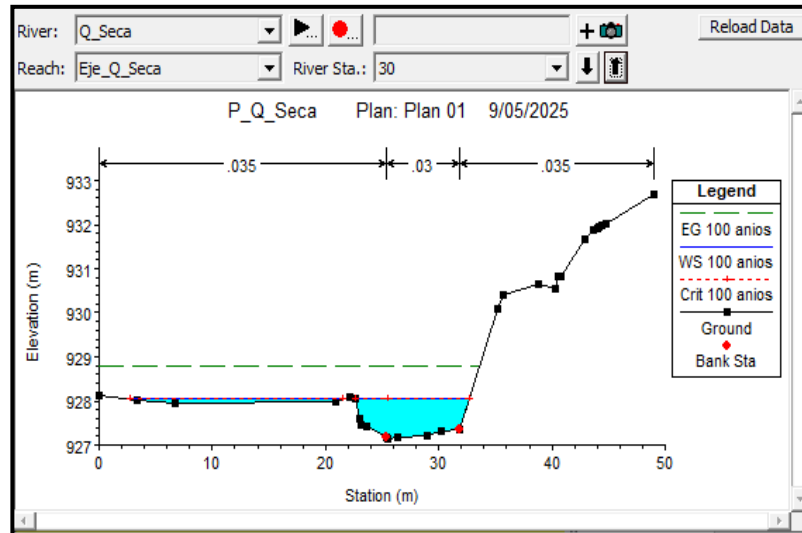
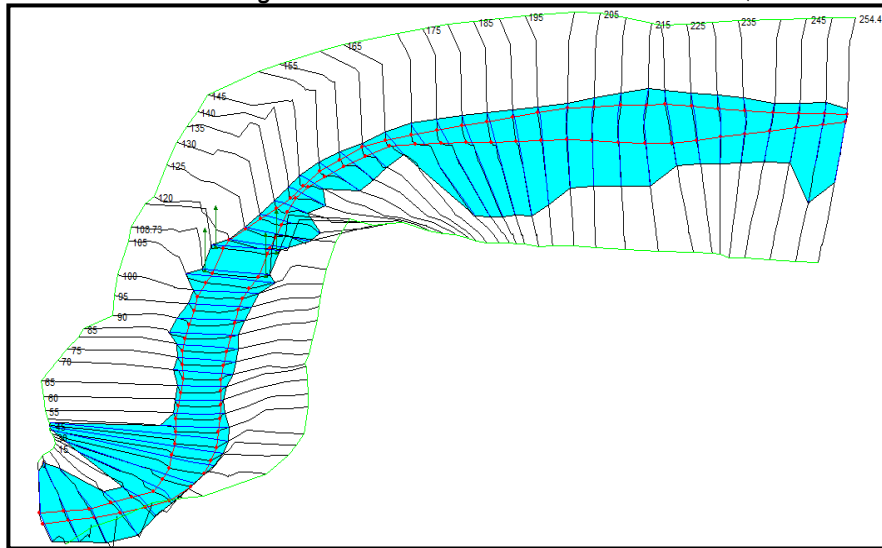


FIGURA 6. Resultado grafico de la simulación hidráulica de la Quebrada Seca en la estación 30



El programa HEC RAS utilizando la geometría de la sección y los resultados de la simulación en este caso la altura de la lámina de agua genera el área inundada en la zona analizada, tal como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 7. Resultado grafico de la simulación hidráulica de la Quebrada Seca



El resultado grafico muestra que tanto en la parte más alta del cauce, así como entre las abscisas 45 a 35, se observa que el cauce no tiene la capacidad hidráulica para conducir el caudal que discurre por la quebrada, por lo que presenta inundación en las áreas circundantes. En el resto del tramo no se presentan fenómenos de desbordamiento ya que el cauce posee la capacidad hidráulica necesaria para conducir el caudal determinado.

2.1.5 SIMULACION HIDRAULICA EN EL SITIO DE OBRA

Debido a que el cauce de la quebrada Seca se encuentra intervenido con una obra hidráulica, se hace la implantación de esta sobre la topografía del terreno y se realiza la simulación hidráulica.

Dimensiones de la Obra Implantada

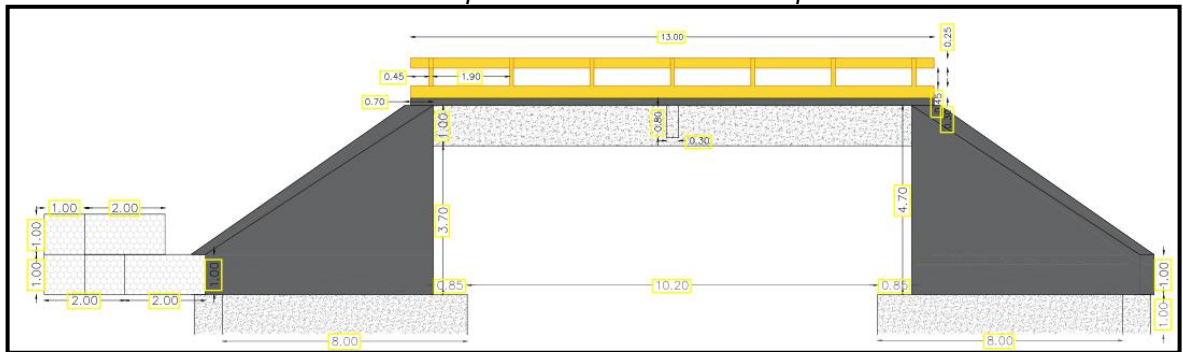
El puente construido sobre el cauce de la quebrada Seca tiene las siguientes dimensiones de la sección hidráulica:

Ancho: 11.90 m

Alto: 4.70 m

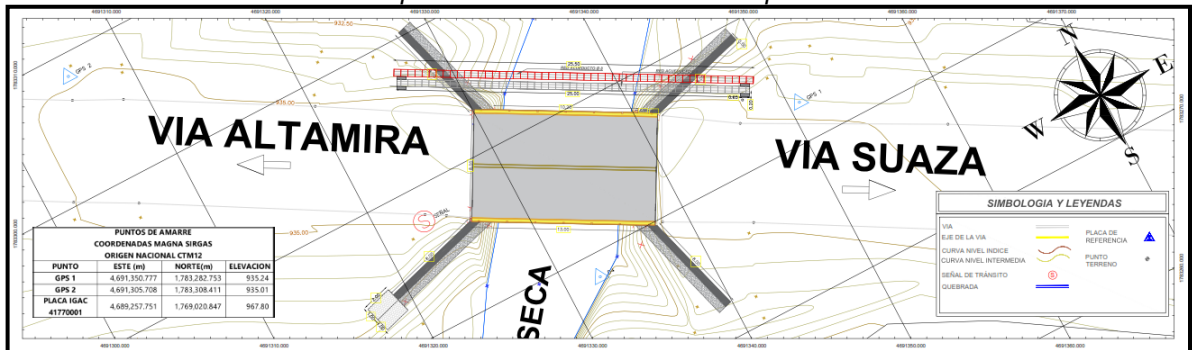
Las anteriores especificaciones se especifican en el siguiente diagrama

FIGURA 8. Dimensiones de puente construido sobre la quebrada Seca.



La ubicación del puente esta como se muestra en la siguiente figura. Mientras que sobre la abscisa 108.74 con coordenadas 4.691.350,78 mE; 1.783.282,75 mN se designa como el punto central de la obra.

FIGURA 9. Obra implantada sobre el cauce de la quebrada Seca



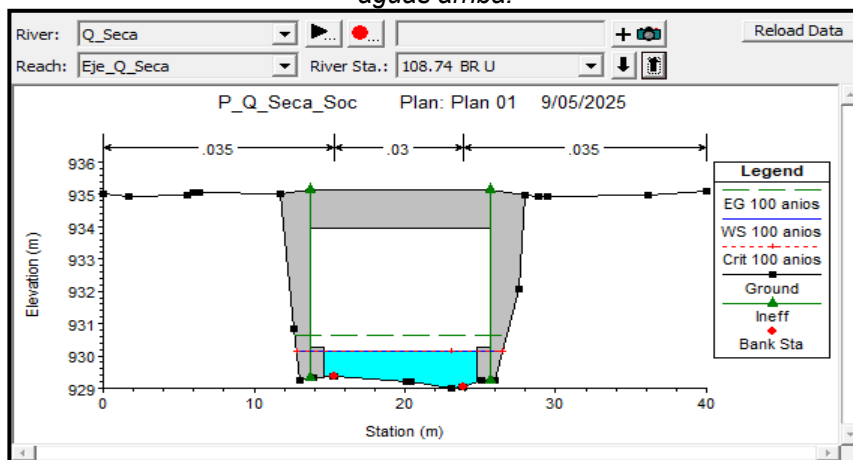
Los resultados de la modelación hidráulica con la obra implantada se encuentran en el archivo "Reportequebradasecaobra.pdf" y se puede observar en la siguiente imagen, además de que se presenta en los anexos (Anexo 5).

FIGURA 10. Muestra del reporte de la simulación hidráulica de la quebrada Seca con la obra implantada.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Q_Seca Reach: Eje_Q_Seca Profile: 100 años											Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Eje_Q_Seca	254.41	100 años	28.14	933.27	934.04	934.19	934.50	0.027043	4.17	10.74	29.10
Eje_Q_Seca	250	100 años	28.14	933.13	933.88	934.06	934.37	0.027314	4.01	10.09	27.17
Eje_Q_Seca	245	100 años	28.14	932.96	933.69	933.85	934.23	0.027976	3.97	9.55	23.24
Eje_Q_Seca	240	100 años	28.14	932.79	933.53	933.69	934.09	0.025215	3.87	9.51	22.77
Eje_Q_Seca	235	100 años	28.14	932.66	933.82	933.52	933.93	0.002334	1.68	20.99	25.65
Eje_Q_Seca	230	100 años	28.14	932.58	933.83		933.91	0.001506	1.44	24.01	26.76
Eje_Q_Seca	225	100 años	28.14	932.47	933.83		933.90	0.001025	1.27	26.60	27.87
Eje_Q_Seca	220	100 años	28.14	932.33	933.83		933.89	0.000724	1.14	28.63	29.32
Eje_Q_Seca	215	100 años	28.14	932.22	933.84		933.89	0.000528	1.04	32.61	38.20
Eje_Q_Seca	210	100 años	28.14	932.06	933.84		933.88	0.000485	1.05	34.13	36.46
Eje_Q_Seca	205	100 años	28.14	931.89	933.84		933.88	0.000486	1.08	34.84	34.41
Eje_Q_Seca	200	100 años	28.14	931.72	933.83		933.88	0.000559	1.13	34.20	33.34
Eje_Q_Seca	195	100 años	28.14	931.67	933.82		933.88	0.000662	1.25	33.60	38.35
Eje_Q_Seca	190	100 años	28.14	931.62	933.80		933.87	0.000828	1.43	31.46	41.61
Eje_Q_Seca	185	100 años	28.14	931.57	933.76		933.86	0.001164	1.72	27.18	40.41
Eje_Q_Seca	180	100 años	28.14	931.53	933.74		933.85	0.001253	1.82	24.41	38.54
Eje_Q_Seca	175	100 años	28.14	931.48	933.69		933.84	0.001760	2.17	21.26	35.41
Eje_Q_Seca	170	100 años	28.14	931.43	933.52	933.52	933.82	0.003659	3.04	15.68	31.07
Eje_Q_Seca	165	100 años	28.14	931.29	932.75	933.05	933.72	0.019316	5.47	7.52	9.46
Eje_Q_Seca	160	100 años	28.14	930.60	932.06	932.46	933.52	0.046500	6.93	6.11	10.58
Eje_Q_Seca	155	100 años	28.14	930.07	931.81	932.22	933.33	0.032618	6.96	6.87	12.82
Eje_Q_Seca	150	100 años	28.14	929.81	931.42	931.85	933.15	0.031691	7.19	6.81	13.71
Eje_Q_Seca	145	100 años	28.14	929.36	930.81	931.50	932.93	0.040659	7.85	5.37	7.09
Eje_Q_Seca	140	100 años	28.14	929.14	930.78	931.33	932.67	0.036894	7.78	6.17	10.10
Eje_Q_Seca	135	100 años	28.14	929.05	930.44	931.07	932.47	0.036332	7.03	5.42	8.06
Eje_Q_Seca	130	100 años	28.14	929.05	930.02	930.68	932.23	0.057395	6.88	4.66	8.04
Eje_Q_Seca	125	100 años	28.14	929.04	929.74	930.20	931.83	0.097149	6.83	4.84	12.41
Eje_Q_Seca	120	100 años	28.14	929.03	929.92	930.04	930.48	0.016403	3.48	8.64	12.25
Eje_Q_Seca	117.86	100 años	28.14	929.02	929.69	930.05	930.97	0.062701	5.20	5.69	13.34
Eje_Q_Seca	108.74	Bridge									
Eje_Q_Seca	108.73	100 años	28.14	928.87	929.78	929.78	930.19	0.009241	2.95	10.07	13.28
Eje_Q_Seca	105	100 años	28.14	928.71	929.98	929.63	930.13	0.002651	1.93	17.25	17.53
Eje_Q_Seca	100	100 años	28.14	928.63	929.69	929.67	930.09	0.007644	2.91	10.70	12.79
Eje_Q_Seca	95	100 años	28.14	928.47	929.53	929.53	930.04	0.010040	3.22	9.50	12.27

Los resultados de forma gráfica de la modelación para los perfiles de las obras propuestas aparecen en las siguientes Figuras.

FIGURA 11. Resultado grafico de la simulación hidráulica del puente en la estación 108.74 aguas arriba.



Para el puente existente, la base de la obra está en la cota 929.16; el nivel de inundación con el periodo de retorno para 100 años está en la cota 930.14; y el nivel superior se encuentra en la cota 933.97; con una altura adicional frente a la cota de inundación de 3.83 m.

La simulación hidráulica del modelo queda representada en la siguiente imagen.

FIGURA 12. Implantación del puente construido y las estaciones de análisis

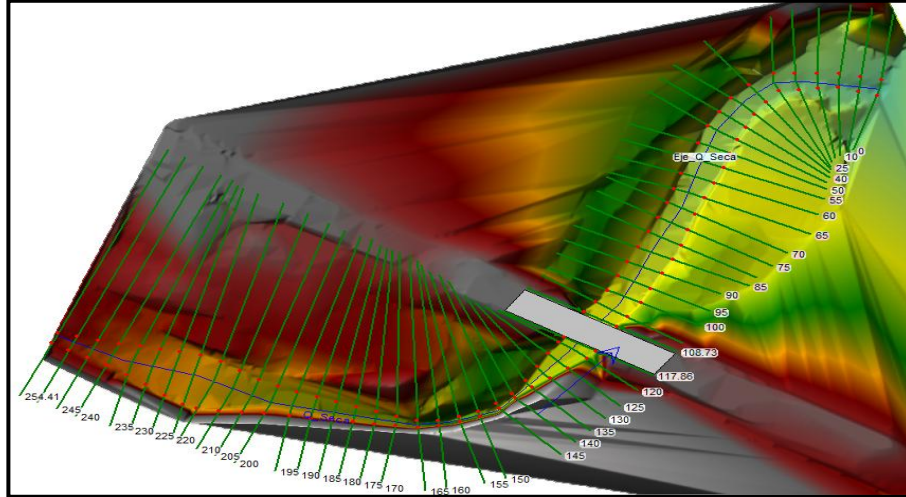


FIGURA 13. Resultado grafico de la simulación con la obra implantada para 100 años

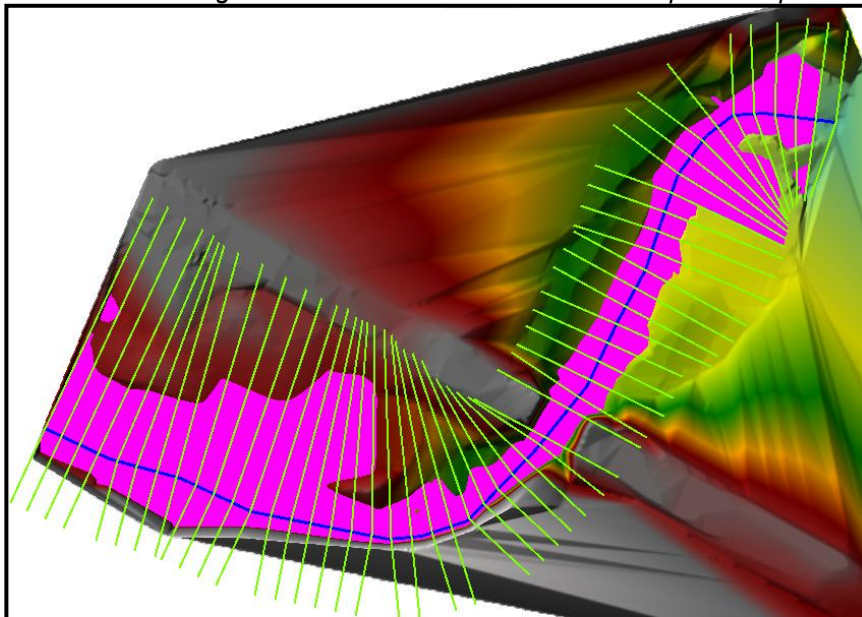
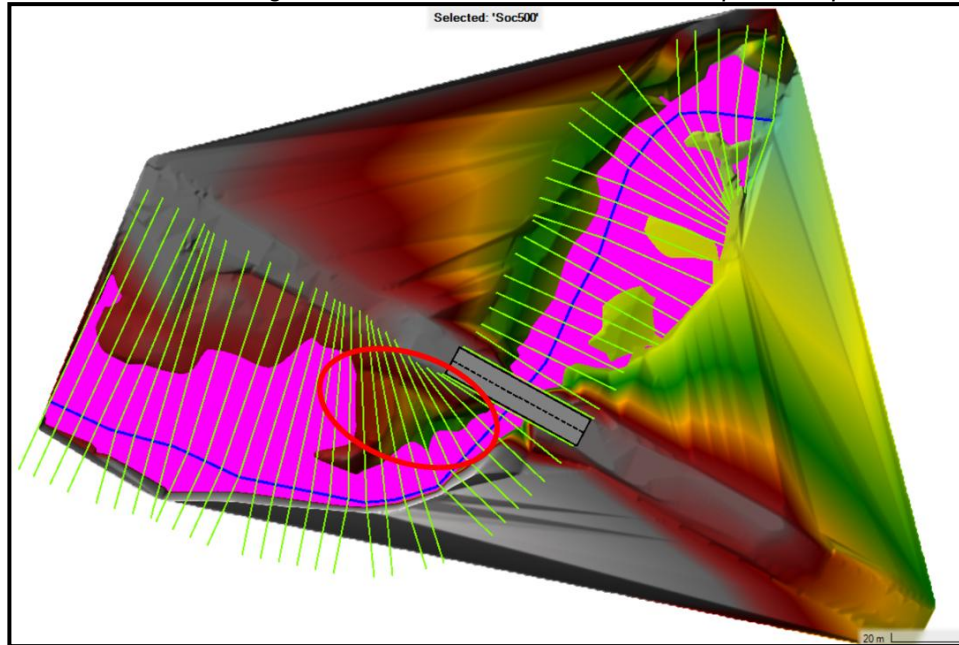


FIGURA 14. Resultado gráfico de la simulación con la obra implantada para 500 años



Sin embargo, realizando la simulación hidráulica para un periodo de retorno de 500 años, y teniendo en cuenta la topografía y las condiciones dinámicas del terreno en el momento de presentarse una creciente, se asume el peor escenario visible, que es la eventual inundación de la aleta izquierda que podría generar problemas a la estructura y a la vía en tal condición, por lo cual se debe de considerar realizar una protección contra una posible avenida torrencial.


La guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia establece que los sistemas loticos en los cuales se planteen alteraciones considerables en la morfología de su cauce, se debe garantizar que, para un evento de 100 años de periodo de retorno en condiciones alteradas, no haya una sobreelevación en los niveles de lámina de agua mayor a 30 cm ni se incremente en más del 10% la velocidad del flujo en comparación a las condiciones sin alteración.

Para el caso del cauce de la quebrada Seca, el tramo objeto del presente estudio se analizó bajo las dos premisas establecidas por la guía, comparando condiciones del cauce sin alterar respecto al cauce con la implantación del puente construido.

Inicialmente, se compararon las velocidades de flujo en las abscisas inmediatamente anteriores y superiores a donde se plantea la localización de la obra, cuyas diferencias se encuentran en la siguiente tabla.

TABLA 21: Análisis comparativo de velocidades del puente construido.

FUENTE	OBRA	ABSCISA	CAUDAL	VELOCIDAD SIN OBRA	VELOCIDAD CON OBRA	DIFERENCIA
		(m)	(m ³ /s)	(m/s)	(m/s)	(%)
	PUENTE	125	28.14	6.83	6.83	0.00%

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

QUEBRADA SECA		120	28.14	5.88	3.48	-40.82%
		117.86	28.14	5.2	5.2	0.00%
		108.74	28.14	PUENTE		
		108.73	28.14	4.48	2.95	-34.15%
		105	28.14	1.93	1.93	0.00%
		100	28.14	2.91	2.91	0.00%

Posteriormente, se compararon las cotas de inundación de cada una de las abscisas inmediatamente anteriores y superiores a donde se plantea la localización de la obra proyectada, cuyas diferencias se encuentran en la siguiente tabla.

TABLA 22: Análisis comparativo de velocidades del puente construido.

FUENTE	OBRA	ABSCISA	CAUDAL	COTA DE INUNDACION SIN OBRA	COTA DE INUNDACION CON OBRA	DIFERENCIA
		(m)	(m ³ /s)	m.s.n.m.	m.s.n.m.	(cm)
QUEBRADA SECA	PUENTE	125	28.14	929.74	929.74	0.00
		120	28.14	929.63	929.92	29.00
		117.86	28.14	929.69	929.69	0.00
		108.74	28.14	PUENTE		
		108.73	28.14	929.5	929.78	28.00
		105	28.14	929.98	929.98	0.00
		100	28.14	929.69	929.69	0.00

En razón a lo anterior, se puede concluir que el puente construido cumple con la condición de variación de alturas de lámina inferiores a 30 cm; pero no cumple con la condición de variación de velocidad; establecidas en la guía de criterios para el acotamiento de rondas hidricas en Colombia. Cabe aclarar que la construcción de este puente se dio mucho antes de la expedición y reglamentación de dicha guía, razón por la cual el puente se diseñó sin obedecer dichos condicionantes.

En la cartografía se muestra la simulación del tránsito de la creciente para un periodo de retorno de 100 años con la obra implantada, en donde se observa que la cota de inundación no sobrepasa las dimensiones de la obra construida; tal como se observa en la siguiente figura.

FIGURA 15. Perfil longitudinal – puente construido

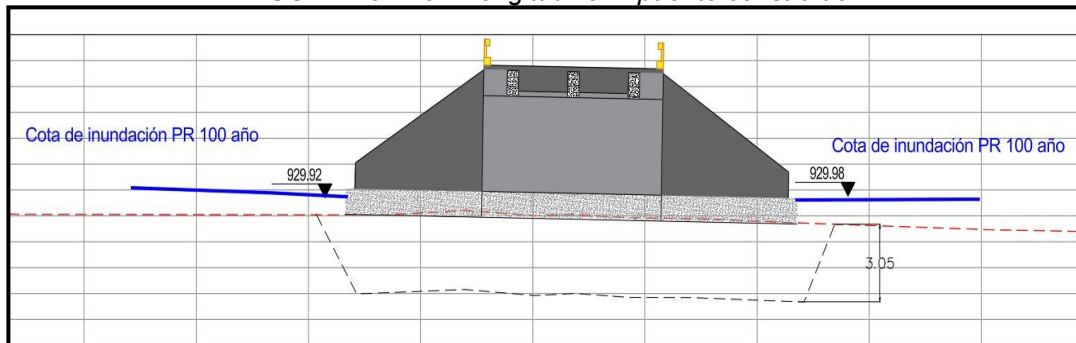
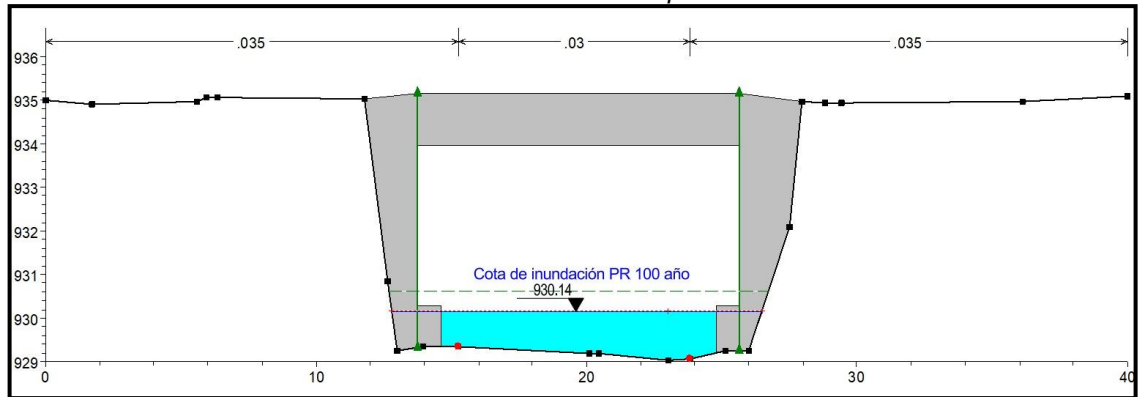


FIGURA 16. Perfiles transversales – puente construido

3. ESTIMACION DE PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

La socavación puede definirse como la excavación y transporte de material del lecho y de las orillas de las fuentes hídricas como resultado de la acción erosiva del propio flujo de agua. La hidrodinámica de la fuente hídrica es accionada por factores tales como la precipitación, el alineamiento del cauce y los materiales que conforman el lecho del cauce. Los dos primeros son los que generan fuerzas actuantes, y los materiales generan la fuerza resistente a los procesos de socavación.

La precipitación genera escorrentía que va hacia las fuentes hídricas y aumenta su caudal generando crecientes o avenidas, a mayor caudal se presenta mayor área cubierta por el agua, mayor velocidad y mayor tirante en la columna de agua.

Las condiciones topográficas del cauce entre ellas, la pendiente, el alineamiento, facilitan o limitan el tránsito de las crecientes, si hay alta pendiente y el alineamiento es recto, la creciente va a desplazarse más rápido, inunda menor área y el tirante de agua es menor.

En lo relacionado a las fuerzas reactivas a los procesos de socavación está el tipo de material que conforma el lecho de la fuente hídrica. Si el lecho de la fuente es un macizo rocoso, la socavación es muy baja, pero si por el contrario los materiales que conforman el cauce son materiales transportados y depositados, la socavación será evidente. Dependiendo del tipo de granulometría del lecho del fondo y del nivel de compactación o consolidación habrá mayor o menor socavación, en suelos granulares no cohesivos la socavación será mayor, frente a suelos cohesivos.

En el caso del presente estudio, el puente construido sobre el cauce de la quebrada Seca se observa que con el paso del tiempo desde la construcción de las obras, se han presentado fuertes crecientes que han afectado la estructura de cimentación, mostrando notorios fenómenos de socavación, erodando materiales superficiales inestable, y llegando en algunos puntos hasta la roca dura como se muestra en la siguiente figura.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

FIGURA 17. Socavación sobre la base de puente Quebrada seco debido a la erosión hídrica



Fuente: Registro fotográfico SERCOIN 2025

La estimación de la socavación se hace a partir modelos matemáticos, que incluyen variables relacionadas con el tipo de fuente hídrica, caudal, parámetros hidráulicos y granulometría.

La información hidroclimatológica suministra el caudal de diseño que corresponde a la creciente con periodo de retorno de 100 años, según lo especifica el Manual de Drenaje para Carreteras (INVIAS, 2009), la cual junto con la topografía son los insumos para la simulación hidráulica del sitio donde se construirá el puente. Esta simulación arroja resultados tales como altura de la lámina de agua, velocidad de flujo y número de Froude, insumos para el cálculo de la socavación.

Existen modelos matemáticos aplicables a la determinación de la socavación y modelos hidrodinámicos, con los cuales se hace la determinación de la profundidad de socavación.


3.1 DETERMINACION DE LA SOCAVACION POR MODELO HIDRODINAMICO

El software HEC-RAS tiene un modelo hidrodinámico desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, capaz de realizar análisis unidimensionales de sistemas fluviales mediante la simulación de perfiles, transporte de sedimentos, cambios de lecho y calidad del agua.

El software está fundamentado en la solución de la ecuación de energía, donde las pérdidas por fricción son evaluadas mediante Manning y las pérdidas por contracción y/o expansión son proporcionales al cambio en las cabezas de velocidad.

El módulo de sedimentos del HEC-RAS permite calcular el transporte de sedimentos mediante diferentes métodos, y para condiciones de concentración, distribución granulométrica y velocidad de caída de las partículas definidas por el usuario. Las ecuaciones de transporte incluidas en el modelo son:

- Método de Ackers & White (1973).
- Método de Engelund & Hasen (1972).
- Método de Laursen modificado por Copeland (1989).

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

- Método de Meyer – Peter & Muller (1948).
- Método de Toffaleti (1968).
- Método de Yang (Arenas 1973 y Gravas 1984).

Uno de los insumos para este modelo, corresponde al Diámetro Promedio (D50) de las partículas del fondo del cauce, para lo cual se tomaron tres (3) muestras de suelo analizadas por el laboratorio INDISUELOS, cuyos resultados se muestran en los anexos (Anexo 6).

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado, que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial.

Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices. Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

A continuación, se presenta una tabla con los datos obtenidos en laboratorio de una muestra obtenida del lecho del cauce, la cual fue graficada y calculado su D₅₀ para los posteriores cálculos de socavación general.

TABLA 23. Análisis granulométrico – Muestra 1

	TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
63,500	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
50,000	2"	368,0	4,2	4,2	95,8
37,500	1 1/2"	494,0	5,6	9,8	90,2
25,000	1"	600,0	6,8	16,6	83,4
19,000	3/4"	514,0	5,8	22,5	77,5
12,500	1/2"	640,0	7,3	29,8	70,2
9,500	3/8"	392,0	4,5	34,2	65,8
4,750	No. 4	846,0	9,6	43,9	56,1
2,000	No. 10	1612,0	18,3	62,2	37,8
0,425	No. 40	2552,0	29,0	91,2	8,8
0,075	No. 200	680,0	7,7	99,0	1,0
	Pasa No. 200	89,4	1,0	100,0	

FIGURA 18. Curva granulométrica – Muestra 1

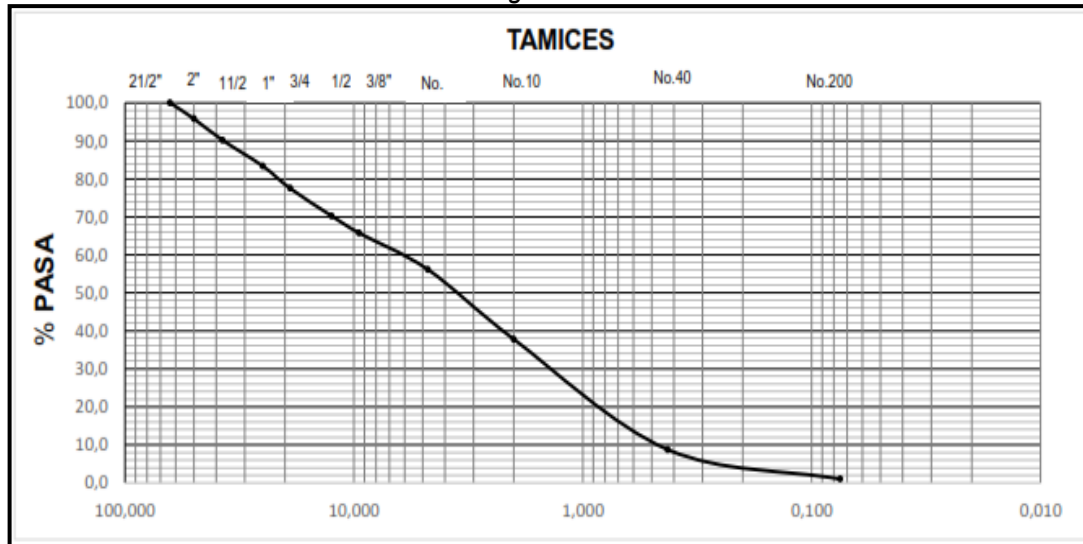


TABLA 24. Análisis granulométrico – Muestra 2

	TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
63,500	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
50,000	2"	265,0	3,1	3,1	96,9
37,500	1 1/2"	398,0	4,6	7,6	92,4
25,000	1"	587,0	6,8	14,4	85,6
19,000	3/4"	436,0	5,0	19,4	80,6
12,500	1/2"	725,0	8,4	27,8	72,2
9,500	3/8"	432,0	5,0	32,8	67,2
4,750	No. 4	965,0	11,1	43,9	56,1
2,000	No. 10	1547,0	17,8	61,7	38,3
0,425	No. 40	2547,0	29,3	91,0	9,0
0,075	No. 200	621,0	7,2	98,2	1,8
	Pasa No. 200	155,9	1,8	100,0	

FIGURA 19. Curva granulométrica – Muestra 2

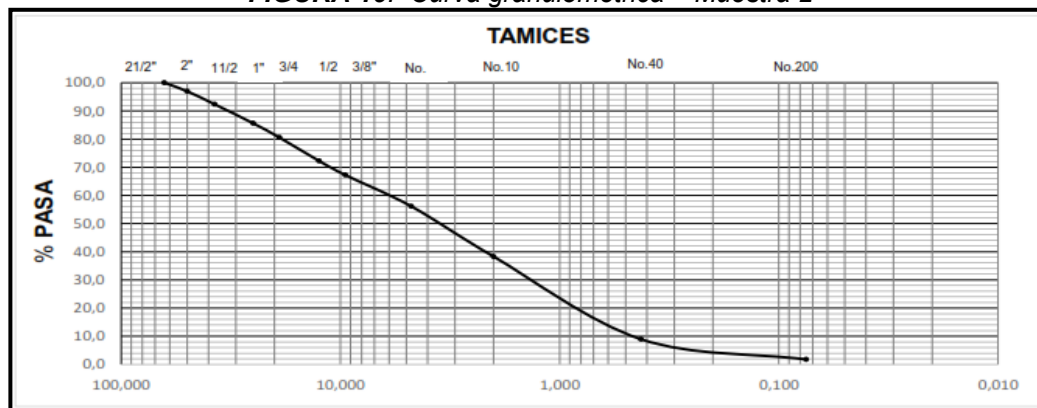
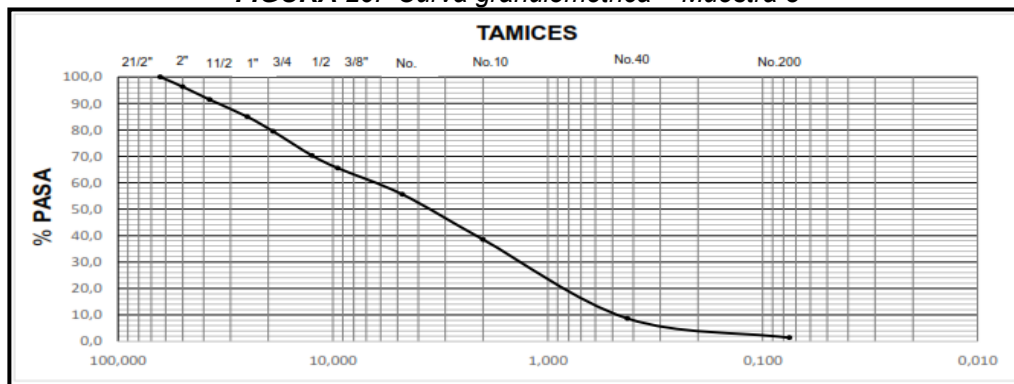


TABLA 25. Análisis granulométrico – Muestra 3

	TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
63,500	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
50,000	2"	321,0	3,7	3,7	96,3
37,500	1 1/2"	423,0	4,9	8,6	91,4
25,000	1"	566,0	6,5	15,1	84,9
19,000	3/4"	478,0	5,5	20,5	79,5
12,500	1/2"	799,0	9,2	29,7	70,3
9,500	3/8"	410,0	4,7	34,4	65,6
4,750	No. 4	866,0	10,0	44,4	55,6
2,000	No. 10	1487,0	17,1	61,5	38,5
0,425	No. 40	2599,0	29,9	91,4	8,6
0,075	No. 200	633,0	7,3	98,6	1,4
	Pasa No. 200	119,5	1,4	100,0	

FIGURA 20. Curva granulométrica – Muestra 3



El D_{50} de las muestras tomadas en el sitio donde se encuentra construido el puente sobre el cauce de la quebrada Seca son los siguientes:

$$D_{50} = 8.87 \text{ mm}$$

Como resultado del estudio hidrológico, para el periodo de retorno de 100 años se evidencio el siguiente comportamiento del caudal de la quebrada Seca así:

$$Q_{100} = 28.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con las condiciones de diseño, se modelaron cada sección del cauce en cada periodo con régimen supercrítico para igualar las condiciones de velocidad crítica con la lámina de agua (cota de inundación) a un periodo de retorno de 100 años.

La figura siguiente, presenta la ubicación de la abscisa PR 0+108.74, donde se evaluó la socavación general en el cauce, la figura que procede presenta los resultados de los parámetros calculados en HEC-RAS para la abscisa PR 0+108.74, y la figura mucho después presenta la sección transversal donde se evaluó la socavación general en el cauce.

FIGURA 21. Ubicación de la abscisa en el sitio de obra

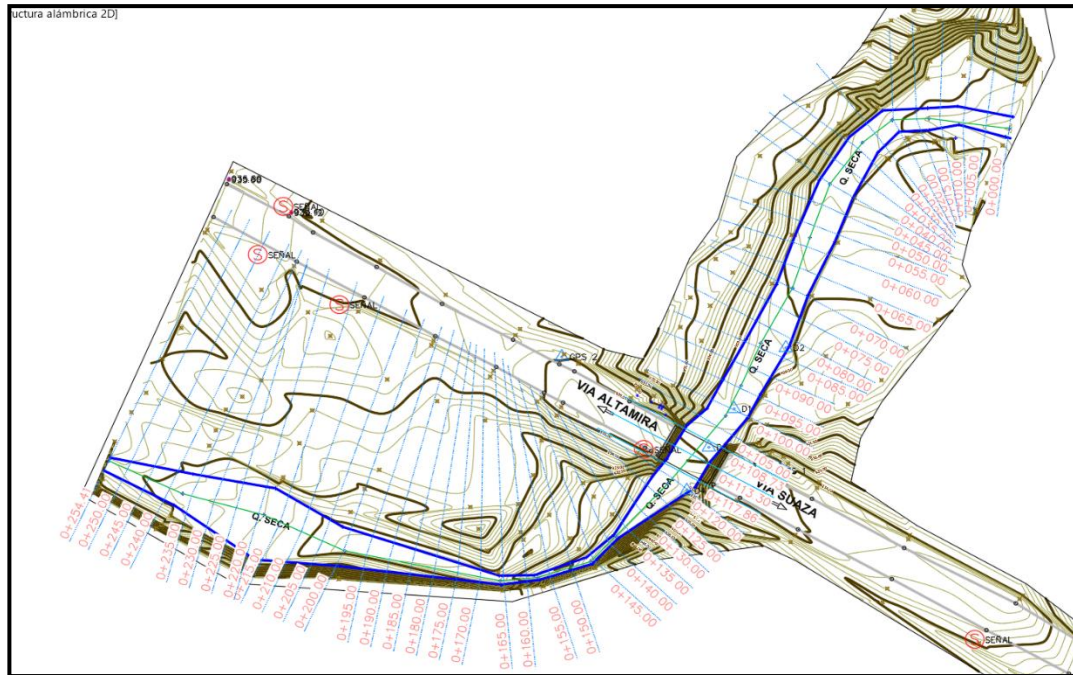
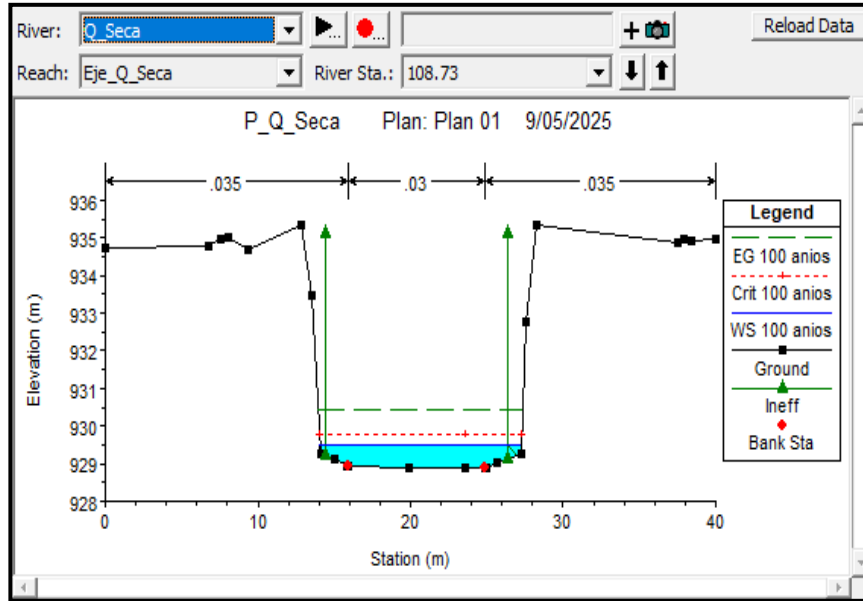


FIGURA 22. Resultados de la modelación en HEC-RAS para la abscisa PR 0+108.74 en condiciones naturales

Plan: Plan 01 Q_Seca Eje_Q_Seca RS: 108.73 Profile: 100 años					
E.G. Elev (m)	930.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.95	Wt. n-Val.	0.035	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	929.50	Reach Len. (m)	3.58	3.73	4.19
Crit W.S. (m)	929.78	Flow Area (m2)	0.59	5.39	0.67
E.G. Slope (m/m)	0.036026	Area (m2)	0.69	5.39	0.95
Q Total (m3/s)	28.14	Flow (m3/s)	1.76	24.18	2.20
Top Width (m)	13.21	Top Width (m)	1.83	9.04	2.34
Vel Total (m/s)	4.23	Avg. Vel. (m/s)	2.96	4.48	3.27
Max Chl Dpth (m)	0.63	Hydr. Depth (m)	0.41	0.60	0.48
Conv. Total (m3/s)	148.3	Conv. (m3/s)	9.3	127.4	11.6
Length Wtd. (m)	3.77	Wetted Per. (m)	1.48	9.04	1.43
Min Ch El (m)	928.87	Shear (N/m2)	142.30	210.78	165.46
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	420.89	945.12	541.15
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.34	0.73	0.14
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	0.78	0.79	0.39

FIGURA 23. Resultado grafico de la modelación en HEC-RAS para la abscisa PR 0+108.73 en condiciones naturales

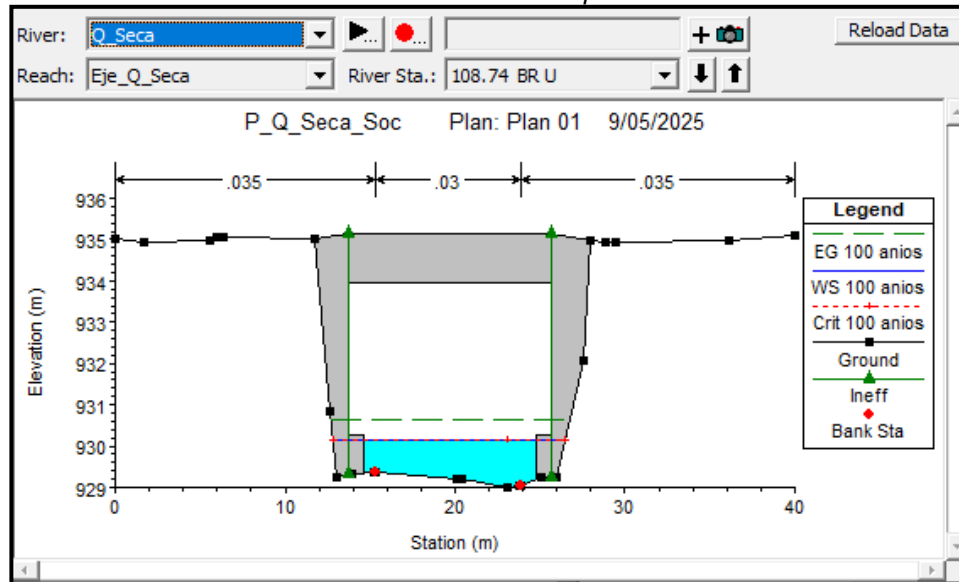


La figura anterior presenta los resultados de la modelación hidráulica en HEC-RAS con la obra proyectada, y la figura siguiente presenta la sección transversal y las cotas de inundación en la abscisa con la obra proyectada.

FIGURA 24. Resultado de la modelación en HEC-RAS para la abscisa PR 0+108.74 con la obra implantada

Plan: Plan 01 Q_Seca Eje_Q_Seca RS: 108.73 Profile: 100 años					
E.G. Elev (m)	930.19	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.41	Wt. n-Val.	0.035	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	929.78	Reach Len. (m)	3.58	3.73	4.19
Crit W.S. (m)	929.78	Flow Area (m2)	1.01	7.98	1.08
E.G. Slope (m/m)	0.009241	Area (m2)	1.22	7.98	1.62
Q Total (m3/s)	28.14	Flow (m3/s)	2.15	23.55	2.44
Top Width (m)	13.28	Top Width (m)	1.87	9.04	2.37
Vel Total (m/s)	2.79	Avg. Vel. (m/s)	2.13	2.95	2.27
Max Chl Dpth (m)	0.91	Hydr. Depth (m)	0.70	0.88	0.76
Conv. Total (m3/s)	292.7	Conv. (m3/s)	22.4	245.0	25.4
Length Wtd. (m)	3.77	Wetted Per. (m)	1.48	9.04	1.43
Min Ch El (m)	928.87	Shear (N/m2)	62.02	80.03	67.96
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	132.27	236.04	154.08
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.34	0.73	0.14
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	0.78	0.79	0.39

FIGURA 25. Resultado grafico de la modelación en HEC-RAS para la abscisa PR 0+108.74 con la obra implantada



3.2- DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

Un estudio de socavación no sólo se debe basar en los resultados que arrojen las ecuaciones indicadas por la aplicación de una metodología u otra, sino que también deberá primar la experiencia, el conocimiento de las diferentes variables, las limitaciones y los rangos de aplicación de las ecuaciones a utilizar y, sobre todo, el buen criterio del proyectista, lo cual garantizará la obtención de los valores adecuados de socavación que aseguren la estabilidad de la estructura, sin redundar en una cimentación extremadamente costosa.

Dentro de los métodos empleados para la estimación de la socavación de un puente, se especifica que se deben tener 4 consideraciones especiales, las cuales son las siguientes:

1. Degradación o agradación general del cauce a largo plazo.
2. Socavación por migración lateral de la corriente.
3. Socavación general.
4. Socavación local en estribos y pilas.

Por lo que, se adoptaron las 4 consideraciones para la estimación de la socavación, sin embargo, se hace especial énfasis en la socavación general y la socavación local, donde el manual de drenajes para carreteras tiene especificado los métodos y aplicaciones para el cálculo de la socavación según las características de la obra hidráulica.

El cálculo de la profundidad de socavación en un puente ha inquietado a los diseñadores por mucho tiempo y ha atraído considerable interés por la investigación en este campo. El enfoque dado al cálculo de las máximas profundidades de socavación en la actualidad, parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material del lecho en

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

el cauce y a la geometría del puente, para terminar con una ecuación empírica de tipo determinístico.

Hay mucha incertidumbre sobre el uso de las ecuaciones y sobre cuál representa mejor las condiciones reales del río y del puente. Esto hace difícil establecer una sola ecuación que sea lo suficientemente precisa y segura para estimar las profundidades de socavación debido al alto grado de incertidumbre existente y a las muchas variables involucradas en el problema como son: flujo no permanente, caudal de diseño, geometría de las estructuras, turbulencia, tamaño y distribución del sedimento, características hidráulicas durante crecientes, ángulo de ataque del flujo, presencia de basuras y tiempo de duración de la creciente.

La decisión final sobre la cimentación de la estructura de un puente y/o sus medidas de protección, debe basarse no solo en los resultados que las ecuaciones arrojen, sino también, en el buen criterio, experiencia y conocimiento de las variables involucradas en el problema por parte del ingeniero evaluador.

3.3- SOCAVACION GENERAL DE CONTRACCION DEL CAUCE

La causa más común de socavación general es la contracción del flujo producida por la reducción de la sección del cauce por la construcción de terraplenes de acceso al puente y en menor grado por las pilas que bloquean parte de la sección recta.


Utilizando los datos obtenidos de la simulación hidráulica, de los resultados del análisis de laboratorio y el caudal esperado para la creciente de 100 años, se estimó la socavación utilizando el criterio de Lischtván-Levediev, cuya ecuación es la siguiente:

Suelos no cohesivos:

$$H_s = \left(\frac{a H_o^{5/3}}{0.68b d_m^{0.28}} \right)^{1 / (1 + x)}$$

- Donde:
- a** = $Q_d / (H_m^{5/3} B_e m)$
 - Q_d** = caudal de diseño (m³/seg)
 - B_e** = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal
 - m** = coeficiente de contracción
 - H_m** = profundidad media de la sección = Area / B_e
 - x** = exponente variable que depende del diámetro del material
 - d_m** = diámetro medio (mm)

El detalle del cálculo se puede apreciar en los anexos (Anexo 7), cuyos resultados son los siguientes.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Hs = profundidad de socavación (m)	
Qd = caudal de diseño	28.14 m3/seg
Be = ancho efectivo de la superficie de agua	8.56 m
Ho = tirante antes de la erosión	0.89 m
Vm = velocidad media en la sección	3.17 m/seg
m = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1	0.89
gd = peso específico del suelo del cauce	1.89 Tn/m3
dm = diámetro medio	8.87 mm
x = exponente variable. Ver tabla N° 2	0.350
Tr = Período de retorno del gasto de diseño	100.00 años
b = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N°	1.00
A = área de la sección hidráulica	8.08 m2
Hm = profundidad media de la sección	0.944 m
a =	4.067

Entonces,

$$Hs = 2.07 \text{ m}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$ds = 1.18 \text{ m}$$

Asumimos

$ds = 1.20 \text{ m}$

Una vez realizado el cálculo correspondiente, se obtiene que la profundidad de socavación general por contracción del cauce es de 1,20 m; la cual es la profundidad a la cual el caudal que discurre por la fuente hídrica no puede arrastrar o levantar el material que conforma el cauce.

3.4- SOCAVACION LOCAL

La socavación local consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce como puentes, espigones, etc.

La socavación comprende el levantamiento y transporte de los materiales del lecho del río en el momento de una avenida o creciente, o por la construcción de una obra dentro del cauce. La socavación está controlada por las características hidráulicas del cauce, las propiedades de los sedimentos del fondo y la forma y localización de los elementos que la inducen.

Es evidente que el flujo alrededor de una pila es muy complejo para ser analizado teóricamente y es muy variado para sacar conclusiones de unas pocas investigaciones experimentales, por lo que se requiere de más investigación en el futuro para aclarar el comportamiento del flujo en tres dimensiones alrededor de una pila bajo diferentes condiciones de frontera.

Es así como debido a la complejidad de todas las variables involucradas en la socavación no existe todavía una solución teórica válida, por lo que toca recurrir a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en análisis dimensional, que como se ha anotado, arrojan resultados muy dispares y en algunos casos contradictorios. Las ecuaciones disponibles hasta la fecha son envolventes a resultados obtenidos de modelos

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

físicos de laboratorio y muchas veces las profundidades de socavación son exageradas especialmente para el caso de estribos.

El problema de determinar la socavación local en una pila está más o menos resuelto, pero, todavía no existe una solución confiable y concisa para el caso de los estribos. Los métodos para evaluarla, superponen los efectos de la socavación por contracción y la socavación local lo cual es otro factor que lleva a sobreestimar las profundidades de socavación puesto que, en la realidad, son acciones simultáneas. Las ecuaciones disponibles hasta la fecha para calcular socavaciones en las diferentes estructuras de un puente, tanto construido como por construir, dan solo un orden de magnitud para saber alrededor de qué valor va a estar la profundidad máxima de socavación real.

Socavación local en los estribos

Algunos métodos existen para la determinación de la socavación local en estribos: Liu, Chang y Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, HIRE y Melville.

Todas las ecuaciones existentes tienen limitaciones de tipo práctico. Por ejemplo, las ecuaciones han sido desarrolladas para cauces de lecho arenoso y no tienen en cuenta la posibilidad de acorazamiento. Las ecuaciones para el cálculo de la socavación en estribos se basan en información de laboratorio y muy poca información de campo existe para su verificación. Casi todas las ecuaciones dan valores muy conservadores de socavación debido a que consideran que el estribo está en el cauce principal formado por lechos aluviales y a que asumen que el caudal de agua obstruido es proporcional a la longitud del estribo, lo que es raro que ocurra en la realidad. El ingeniero diseñador debe determinar la ecuación que se ajusta mejor a las condiciones de un puente dado.

El método utilizado para este caso será el expuesto por K.F. Artamonov y permite estimar no solo la profundidad de socavación al pie de estribos, sino además al pie de los espigones. Esta erosión depende del gasto que teóricamente es interceptado por el espigón, relacionado con el gasto total que escurre por el río, del talud que tienen los lados del estribo y del ángulo que el eje longitudinal de la obra forma con la corriente. El tirante incrementado al pie de un estribo desde la superficie libre de la corriente está dada por:

$$St = P_a * P_q * P_R * H_o$$

Donde:


Pa = Coeficiente que depende del ángulo a que forma el eje del puente con la corriente.

Pq = Coeficiente que depende de la relación Q1/Q, en que Q1 es el gasto que teóricamente pasaría por el lugar ocupado por el estribo si este no existiera, y Q es el gasto total que discurre por el río.

PR = Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo.

Ho = Tirante que se tiene en la zona cercana al estribo antes de la erosión.

El detalle del cálculo se puede apreciar en los anexos (Anexo 8), cuyos resultados son los siguientes:

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

1.- Estribo margen izquierda aguas abajo

St = tirante incrementado al pie del estribo debido a la socavación en mts.	0.32	m
Ho = tirante que se tiene en la zona cercana al estribo antes de la erosión	28.14	m3/seg
Q = caudal de diseño	0.77	m3/seg
Q1 = caudal que teóricamente pasaría por el lugar ocupado por el estribo de la ma	0.027363184	
Q1/Q =		
Pq = coeficiente que depende de la relación Q1/Q. Ver tabla N° 5	2.65	
a = ángulo que forma el eje del estribo con la corriente	90.00	°
Pa = coeficiente que depende del ángulo a. Ver tabla N° 4	1.00	
R = talud que tiene el estribo	1.00	
Pr = coeficiente que depende del talud que tiene el estribo. Ver tabla N° 6	0.85	

Entonces,

$$St = 0.72 \text{ m}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$So = 0.40 \text{ m}$$

Asumimos


$$So = 0.40 \text{ m}$$

3.4.1- SOCAVACION POR EL METODO HIDRIDINAMICO HEC-RAS (METODO INVIAS)

De acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia – INVIAS, para el cálculo de la socavación de puentes se recomienda aplicar el software computacional de dominio público HEC – RAS (River Analysis System) del US Army Corps Engineering. Esta herramienta apoya al proyectista en la realización de cálculos hidráulicos necesarios y los análisis de socavación por contracción y por socavación local, tanto para pilas como para estribos.

En orden a desarrollar un análisis de socavación de un puente, el usuario debe desarrollar primero el modelo hidráulico del tramo del río que contiene el puente a ser analizado. Este modelo debe incluir varias secciones aguas abajo del puente, de tal manera que definidas las condiciones de control no se vea afectado los resultados hidráulicos justo aguas arriba del puente. El modelo debe incluir, también, varias secciones aguas arriba, en orden a evaluar a largo plazo el efecto en el perfil de la superficie del agua en el puente, hacia aguas arriba.

Después de realizar los cálculos del perfil de la superficie de agua para la creciente de diseño y calcular la distribución del flujo a través de la estructura, la socavación del puente debe ser evaluada. La socavación total producida por un puente se compone de la socavación general (por contracción) y socavación local, tanto en pilas como en estribos. HEC RAS, tiene la capacidad de calcular la socavación por contracción y la socavación local, tanto en pilas como en los estribos.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

2.- Estribo margen derecha aguas abajo

St = tirante incrementado al pie del estribo debido a la socavación en mts.	
Ho = tirante que se tiene en la zona cercana al estribo antes de la erosión	0.66 m
Q = caudal de diseño	28.14 m ³ /seg
Q1 = caudal que teóricamente pasaría por el lugar ocupado por el estribo de la ma	1.77 m ³ /seg
Q1/Q =	0.06
Pq = coeficiente que depende de la relación Q1/Q. Ver tabla N° 5	3.87
a = ángulo que forma el eje del estribo con la corriente	90.00 °
Pa = coeficiente que depende del ángulo a. Ver tabla N° 4	1.00
R = talud que tiene el estribo	1.00
P_R = coeficiente que depende del talud que tiene el estribo. Ver tabla N° 6	0.85

Entonces,

$$St = 2.17 \text{ m}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$So = 1.51 \text{ m}$$

Asumimos

$So = 1.50 \text{ m}$

Una vez realizado el cálculo correspondiente, se obtiene que la profundidad de socavación local en los estribos izquierdo y derecho es de 0,40 m y 1,50 m respectivamente.

3.4.2- SOCAVACION POR CONTRACCION

Para determinar si el flujo de aguas arriba está transportando material del lecho, el programa compara la velocidad media del flujo, V , con la velocidad crítica para iniciación de movimiento, V_c , y determina la condición de análisis ya sea por agua clara (clear water) o por movimiento del lecho (live-bed). Si la velocidad crítica en el material del lecho en la sección de aproximación de aguas arriba del puente es mayor que la velocidad media ($V_c > V$), entonces la condición por agua clara será supuesta; en caso contrario, el programa asumirá la condición por movimiento de lecho. El usuario tiene la opción de establecer la condición que desee analizar, a pesar de la que el programa establezca previamente.

$$V_c = 6.19 * Y^{1/6} * D_{50}^{1/3}$$

Calculado con los datos involucrados en la sección evaluada

$$V_c = 6.19 * 0.89^{1/6} * 0.887^{1/3}$$

$$V_c = 5.83 \text{ m/s}$$

Por lo que comparándolo con la velocidad media de flujo en la sección 108.74 de 3.17 m/s, con la velocidad crítica donde se inicia el movimiento de partículas, se sugiere que se cumple $V_c < V$, es decir que se presenta aguas claras (clear-water).

Finalmente, el programa calcula la socavación por contracción por el método de Laursen.

3.4.3- SOCAVACION LOCAL EN LOS ESTRIBOS

La socavación en estribos puede ser calculada tanto con la ecuación HIRE, como con la ecuación de Froehlich (1989). La socavación en los estribos es calculada por el programa de manera separada y el usuario sólo es requerido para entrar el tipo de estribo de acuerdo con su forma (con taludes en todas sus caras, vertical, vertical con aletas). El programa selecciona automáticamente los valores de las demás variables de acuerdo con los resultados de la hidráulica del puente y de la configuración predeterminada; sin embargo, el usuario puede cambiar cualquier variable. La localización del pie del estribo se localiza donde el terraplén de la carretera intercepta el terreno natural. Este emplazamiento es muy importante, por cuanto las variables hidráulicas usadas en los análisis de socavación en los estribos serán obtenidas de la distribución del flujo de salida en esta sección de emplazamiento. Si al usuario no le gusta el emplazamiento que el modelo selecciona, los valores pueden ser anulados entrando sus propios valores.

3.4.4- SOCAVACION TOTAL EN EL PUENTE

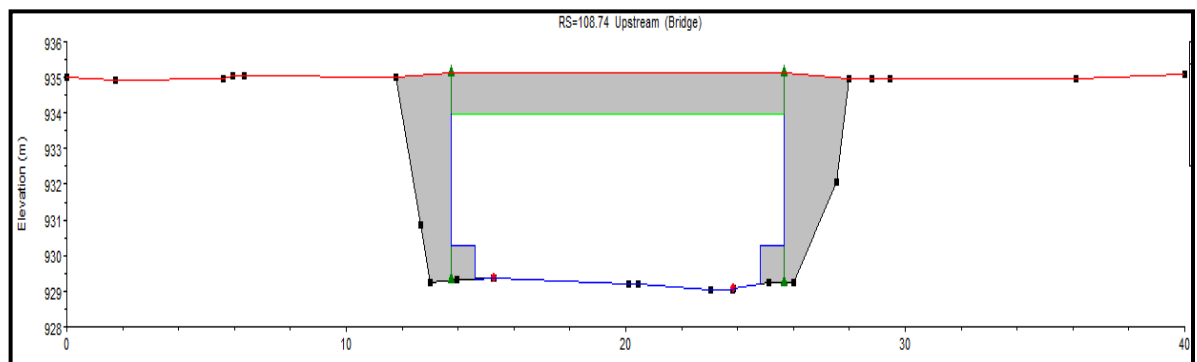
La socavación total considerada en el HEC-RAS es la combinación de la socavación por contracción y la socavación individual de pilas y estribos. El programa, a través de un reporte, caracteriza la información de entrada y los resultados del análisis y presenta la envolvente de socavación de manera gráfica.

3.4.5- SOCAVACION TOTAL EN EL PUENTE CONSTRUIDO

Una vez realizado el modelo hidráulico del tramo que contiene el puente proyectado calibrado en aras de tener a mayor precisión de la hidráulica del río.

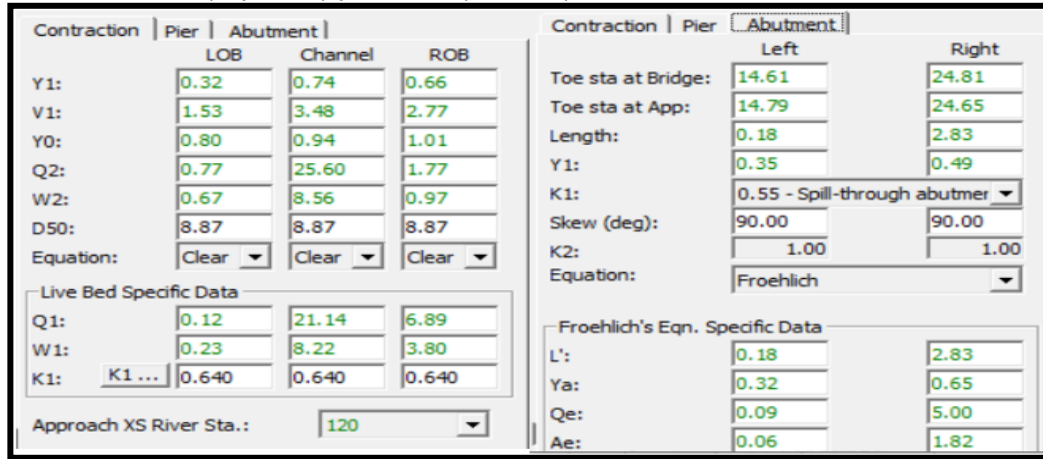
La sección hidráulica del puente objeto del análisis de socavación se observa en la siguiente figura.

FIGURA 26. Sección transversal del puente construido sobre el cauce de la quebrada Seca en el programa HEC RAS.



A partir de los datos obtenidos de la modelación hidráulica, se selecciona la herramienta de cálculo de socavación en puentes, ingresando los datos de entrada y la selección del método de cálculo para cada tipo de socavación (contracción, pila y estribos), tal como se observa en la siguiente figura.

FIGURA 27. Interfaz de entrada para el cálculo de la socavación por contracción (izquierda) y estribos (derecha) del software HEC RAS

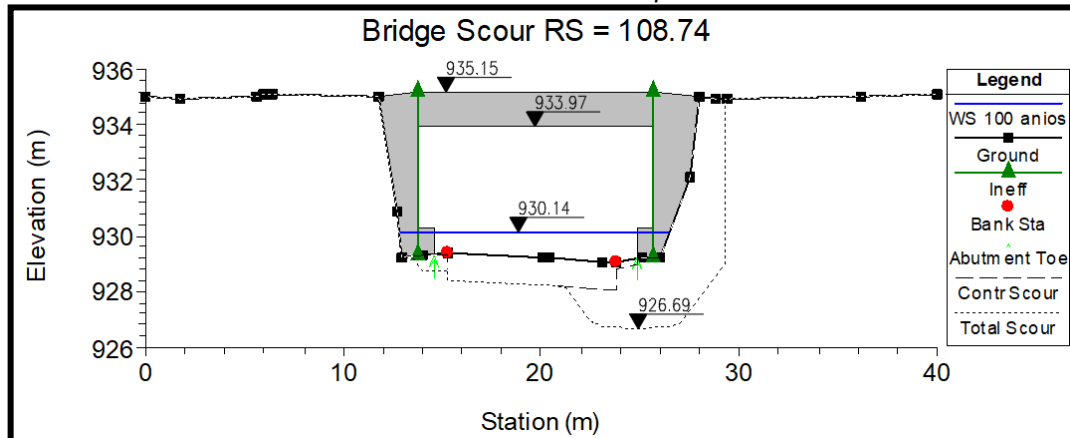


Contraction Pier Abutment			Contraction Pier Abutment	
	LOB	Channel	Left	Right
Y1:	0.32	0.74	14.61	24.81
V1:	1.53	3.48	14.79	24.65
Y0:	0.80	0.94	0.18	2.83
Q2:	0.77	25.60	Y1:	0.35
W2:	0.67	8.56	K1:	0.55 - Spill-through abutment
D50:	8.87	8.87	Skew (deg):	90.00
Equation:	Clear	Clear	K2:	1.00
			Equation:	Froehlich
Live Bed Specific Data			Froehlich's Eqn. Specific Data	
Q1:	0.12	21.14	L':	0.18
W1:	0.23	8.22	Ya:	0.32
K1:	0.640	0.640	Qe:	0.09
			Ae:	0.06
Approach XS River Sta.: 120				

Una vez ingresados los datos de entrada y calibrado el modelo, se procede a calcular la socavación para el puente propuesto, cuyos resultados se observan en la siguiente figura.


En la figura presentada se observa el perfil topográfico del cauce analizado con el puente proyectado implantado, se observa el nivel de socavación (línea entrecortada) y el nivel de socavación total (línea puntuada).

FIGURA 28. Niveles de socavación por contracción y socavación total para el puente construido sobre el cauce de la quebrada Seca



Finalmente, la socavación total en el puente es la combinación de la socavación por contracción y la socavación local por pilas y estribos, obteniendo los siguientes resultados. La totalidad de los resultados se encuentran en los anexos del presente estudio (Anexo 8).

Socavación por Contracción:	Banca Izq.	Canal	Banca Der.
Profundidad de Socavación (m)	0.04	0.98	
0.24			

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Socavación por Estribos: Izquierdo

Derecho

Profundidad de Socavación (m) 0.60
2.26

Socavación Combinada: Banca Izq. Canal Banca Der.

Profundidad de Socavación (m) 0.65 0.98
2.50

Según concepto técnico de profesionales de la Subdirección de regulación y calidad Ambiental- SRCA, con respecto la revisión del “componente hidrológico” presentados por El estudio fue presentado por el consorcio Puentes Ingelec, identificado con NIT 901.899.217-8, La información se encuentra contenida en el expediente POC-00082-25, correspondiente al proyecto denominado “MANTENIMIENTO DE PUENTES DE LA RED VIAL NACIONAL DE CARRETERAS A CARGO DEL INVIAS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA EN LAS RUTAS 2003 ALTAMIRA – GABINETE Y 2003 ORRAPIHUASI – VERGEL, POR EL SISTEMA DE MONTO AGOTABLE EN EL MARCO DEL PROGRAMA VIAS PARA LA CONEXIÓN DE TERRITORIOS PARA EL DESARROLLO, EL CRECIMIENTO SOSTENIBLE Y LA REACTIVACION 2.0.” en la fuente hídrica quebrada Seca del Municipio de Altamira, Huila.

De acuerdo con la normatividad ambiental vigente -Decreto 1076 de 2015, y lineamientos de la corporación denominados “LINEAMIENTOS Y/O CRITERIOS TECNICOS MINIMOS A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA EL PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE, PLAYAS Y LECHOS” G-CAM-014 versión 1, es necesario que todas las estructuras hidráulicas se diseñen para permitir el paso de caudales máximos asociados a un período de retorno de 100 años (TR 100).

En este contexto, y de acuerdo con las orientaciones técnicas de los componentes hidrológico e hidráulico brindadas al CONSORCIO PUENTES INGELEC, en relación con el trámite del Permiso de Ocupación de Cauce, se presentan las consideraciones para las actividades de mantenimiento y reforzamiento del puente en el documento “Estudio hidrológico, hidráulico y socavación puente quebrada seca municipio de Altamira”.

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 del caudal para el periodo de retorno (Tr) de 100 años sobre el drenaje natural quebrada seca donde se proyecta el mantenimiento y reforzamiento del Puente vehicular “Puente sobre quebrada seca”, cuya magnitud se presenta en la **Tabla 26**.

Periodo de retorno (Años)	Caudal (m ³ /s)
100	28.14

Tabla 26. Caudal máximo para periodo de retorno (Tr) 100 años.

El componente de socavación fue evaluado mediante modelación hidráulica en HEC-RAS para el evento asociado a un período de retorno de 100 años, considerando la socavación por contracción y en estribos. Los resultados evidencian profundidades máximas de

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

socavación combinada del orden de 2,50 m en el estribo derecho y 0,65 m en el estribo izquierdo, valores que fueron tenidos en cuenta para el diseño de las medidas de protección propuestas, garantizando la estabilidad de la cimentación existente. Conforme a los planos de recalce y refuerzo estructural y a las memorias de cálculo de los estribos izquierdo y derecho aportadas por el Consorcio Puentes Ingelec, se establece que la estructura existente cuenta con cimentaciones superficiales tipo zapata, las cuales serán reforzadas mediante un sistema de recalce estructural. Dicho recalce contempla la ejecución de pantallas verticales de concreto reforzado de 0.50 m de espesor, con una profundidad de hasta 2.65 m por debajo de la base de la cimentación existente, así como la construcción de vigas de cimentación y vigas de recalce con secciones típicas de 0.50 m × 0.50 m, 1.10 m × 0.50 m y 1.25 m × 0.50 m

Como medida de mitigación frente a los procesos erosivos identificados, el proyecto contempla la construcción de pantallas verticales y transversales en concreto reforzado, así como el realce de la aleta en la margen derecha. Estas estructuras tienen como finalidad controlar la socavación local.

La ejecución del proyecto corresponde a actividades de mantenimiento y reforzamiento de la infraestructura existente, con un plazo estimado de 57 días.

Que, Conforme a los planos de recalce y refuerzo estructural y a las memorias de cálculo de los estribos izquierdo y derecho aportadas por el Consorcio Puentes Ingelec, se establece que la estructura existente cuenta con cimentaciones superficiales tipo zapata, las cuales serán reforzadas mediante un sistema de recalce estructural. Dicho recalce contempla la ejecución de pantallas verticales de concreto reforzado de 0.50 m de espesor, con una profundidad de hasta 2.65 m por debajo de la base de la cimentación existente, así como la construcción de vigas de cimentación y vigas de recalce con secciones típicas de 0.50 m × 0.50 m, 1.10 m × 0.50 m y 1.25 m × 0.50 m, no supera una superficie de una (1) hectárea y se puede desarrollar sin necesidad de efectuar la sustracción del área de la reserva forestal de la Amazonía.

Para la ejecución del proyecto, incluido la ocupación de cauce con las actividades de recalce que contempla la ejecución de pantallas verticales, se deben considerar las siguientes condiciones y medidas de manejo ambiental:

- El desarrollo de las actividades de construcción no debe implicar la construcción de vías o accesos.
- No se podrán desarrollar actividades en zonas con riesgo de remoción en masa, licuefacción, inundación o deslizamiento, así como en pendientes superiores a 45 grados, suelos inestables, ni en la franja paralela a los cuerpos de agua.
- No se podrán afectar ecosistemas de especial importancia ecológica o frágiles tales como páramos y humedales. De igual manera se debe proteger la franja longitudinal de protección de la quebrada seca que según la norma es de 30 metros a partir de la cota máxima de inundación.
- En los sectores a intervenir para fines de construcción según diseño, se deberá minimizar la intervención y afectación de la vegetación protectora y al suelo, se deberá realizar una disposición y conformación adecuada de los materiales de excavación y dejar el sitio intervenido en las mismas condiciones naturales anteriores.


	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

- *Para la intervención de otros recursos, se deberán tramitar los permisos correspondientes.*
- *Se deberá restaurar ambiental y paisajísticamente en su totalidad las áreas intervenidas; se prohíbe el depósito del material retirado en sitios no autorizados.*
- *Durante la ejecución de las obras se deberá hacer una correcta disposición de los residuos sólidos y líquidos generados durante su construcción, evitar la disposición de sobrantes de concretos, cementos y residuos sobre la fuente hídrica a intervenir.*
- *El Constructor deberá controlar y mitigar en lo posible, la iniciación de procesos erosivos, durante la construcción de las obras, en caso de ser necesario, se deben construir obras de estabilización geotécnica adecuadas.*
- *Se deberá realizar un mantenimiento permanente a la maquinaria y equipos con el fin de evitar la fuga y/o derrames de aceites, minimizar la emisión de gases por la quema del combustible y la contaminación del cuerpo hídrico.*
- *Se prohíbe el lavado de equipos y maquinaria en el sitio de obra y se debe reutilizar al máximo los materiales como formaletas, maderas, etc., que sean susceptibles de utilizar.*
- *Los materiales provenientes de las excavaciones, deberán utilizarse en la misma obra, siempre y cuando sean adecuados para dicho fin, los materiales sobrantes o inadecuados deberán ser trasladados por el constructor a sitios que cuenten con la respectiva autorización por la autoridad ambiental para su disposición.*
- *Los materiales de construcción utilizados en el desarrollo del proyecto deberán provenir de sitios que cuenten con el respectivo título minero registrado en el catastro minero y la respectiva licencia ambiental.*
- *El contratista deberá organizar los trabajos de tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con las condiciones establecidas en la normatividad ambiental vigente y así evitar, minimizar y controlar los impactos ambientales generados por las obras.*

De acuerdo con la visita de campo realizada al sitio a intervenir, se considera que la afectación ambiental a la fuente hídricas a intervenir con la ocupación de cauce es irrelevante, teniendo en cuenta las características de la obra que interviene parcialmente el cauce de dicha fuente hídrica, que permiten desarrollar las actividades de excavación y fundición de concretos, implementando las medidas de manejo de aguas, de manejo de materiales de excavación y retiro del materiales sobrantes y demás medidas de manejo de residuos generados durante la construcción de las obras.

Perjuicio a terceros: *El proyecto no repercute ni perjudica a terceros. Sin embargo, se hace claridad que en el momento de presentarse alguna afectación de tipo ambiental o a terceros por las obras de construcción de ocupación de cauce, es responsabilidad la persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC, NIT. 901.899.217-8**, redimir los impases ocurridos, indicando claramente que el incumplimiento de las acciones aquí dispuestas es de obligatorio cumplimiento.*

Oposiciones: *De acuerdo a la publicación del auto de inicio en la página de la corporación*

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

entre los días 31 de diciembre de 2025 y 15 de enero de 2026, según constancia de enero 16 de 2026; en la cartelera de la Alcaldía de Altamira con fecha de en la cartelera de la Alcaldía de Altamira con fecha de fijado el 13 de enero de 2026 y desfijado el 21 de enero de 2026, con radicados CAM No. 526 2026-E de 13 de enero de 2026 y 1247 2026- E de 22 de enero de 2026, no se presentaron oposiciones por escrito o durante la visita de evaluación del permiso.

Las indemnizaciones a que haya lugar por ejercicio de la servidumbre, así como las controversias que se susciten entre los interesados se regirán por las disposiciones del código general del proceso.

Como medida de compensación por el uso, aprovechamiento y/o afectación del sitio intervenido por la ocupación de cauce, la persona jurídica, persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, NIT. 901.899.217-8, realizará La entrega de los siguientes elementos con destino a realizar mantenimiento, podas, control fitosanitario a las especies forestales y ornamentales localizadas en el Parque Temático Sendero de Interpretación Ambiental SENDICAM – Garzón:

1. Insufladora Mata Hormigas en Poliacetal Amarillo – verde.
2. Cortador Para Ramas Altas 2,40m Aluminio Truper 18409 Color Naranja.
3. Fumigadora De Espalda ROYAL CONDOR RC20L Clásica 20 lts, Embolo Externo
4. Escalera 2.49m 7 Peldaños Tijera/Bandeja Aluminio 102K Tii Bauker.

El término para el cumplimiento de esta medida compensatoria será de tres (3) meses, después de ejecutoriado el acto administrativo.

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

3 CONCEPTO TÉCNICO

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), para las modificaciones considerables en la morfología de este sistema lótico, en el periodo de retorno de 100 años, que generaría las actividades de mantenimiento y reforzamiento para el puente vehicular sobre el drenaje natural quebrada seca en el municipio de Altamira(H).

Por todo lo anterior, se considera viable otorgar a nombre de la persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, NIT. 901.899.217-8, representada legalmente por el señor **CARMELO SANJUANES MEDINA** identificado con cedula de ciudadanía número 7.697.417, expedida en Neiva – Huila, con dirección de notificación en la calle 46 # 16 – 24 Centro empresarial San Juan Plaza oficina 1001 Neiva – Huila, teléfono 608 886 8077 y correo electrónico consorciopuentesingelec@gmail.com, o quien haga sus veces, **Permiso de Ocupación de Cauce, Playas y Lechos** con el fin de realizar actividades de mantenimiento y reforzamiento mediante un sistema de recalce estructural. Dicho recalce contempla la ejecución de pantallas verticales de concreto reforzado de 0.50 m de espesor, con una profundidad de hasta 2.65 m por debajo de la base de la cimentación existente, así como la construcción de vigas de cimentación y vigas de recalce con secciones típicas de 0.50 m × 0.50 m, 1.10 m × 0.50 m y 1.25 m × 0.50 m, para el puente vehicular sobre el drenaje natural quebrada seca en el municipio de Altamira (H), localizada en el sitio de

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

coordenadas planas con origen Bogotá Magna Sirgas X: 811038 y Y: 717011, Vereda el Puente del Municipio de Altamira, Departamento del Huila.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizada la visita de evaluación y revisados los documentos técnicos dentro del presente trámite se recomienda.

- *El periodo de vigencia del presente permiso de Ocupación de cauce se otorgará por un término de un (1) año.*
- *Se realizará una visita de seguimiento durante la vigencia del permiso de ocupación de cauce en donde se evaluará la necesidad de una nueva visita.*
- *El beneficiario del presente permiso de ocupación de cauce, deberá realizar una disposición y conformación adecuada de los materiales de excavación y dejar el sitio intervenido en las mismas condiciones naturales anteriores, con el fin de garantizar la conservación de la dinámica natural, la geoforma y el patrón de drenaje del drenaje natural.*
- *El beneficiario del presente permiso de ocupación de cauce, durante la ejecución de la obra deberá prevenir el aporte de sedimentos, grasas y aceites evitando el deterioro de la calidad de recurso hídrico. Prohibir el lavado de equipos y maquinaria en la fuente hídrica y reutilizar al máximo los materiales de obra como formaletas, maderas, etc, que sean susceptibles de utilizar. Una vez finalice las obras de construcción, las zonas intervenidas deben entregarse restauradas, libre de basuras, escombros, materiales o cualquier tipo de desechos que se encuentre sobre los taludes o cauce de la fuente hídrica intervenida.*
- *Los materiales de construcción que demande la obra para su construcción, deberán provenir de zonas amparadas por un título minero y licencia ambiental expedidas por las autoridades competentes.*
- *En el momento de presentarse alguna afectación de tipo ambiental o a terceros por la construcción de las obras sobre el drenaje natural, será obligación del beneficiario del permiso de ocupación de cauce, redimir los impases ocurridos, indicando claramente que los incumplimientos de las acciones aquí dispuestas son de obligatorio cumplimiento.*
- *Se deberá tener especial cuidado con las líneas de acueducto y gas que puedan encontrarse en el desarrollo de las obras, a fin de evitar daños sobre las mismas y afectaciones a la comunidad.*
- *De ser necesario la tala de elementos forestales se deberán tramitar los respectivos permisos de aprovechamiento, previo al inicio de las obras.*
- *Las indemnizaciones a que haya lugar por ejercicio de la servidumbre, así como las controversias que se susciten entre los interesados se regirán por las disposiciones del Código Civil y Procedimiento Civil.*

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

- Como medida de compensación por el uso, aprovechamiento y/o afectación del sitio intervenido por la ocupación de cauce, la persona jurídica, persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, NIT. 901.899.217-8, realizará La entrega de los siguientes elementos con destino a realizar mantenimiento, podas, control fitosanitario a las especies forestales y ornamentales localizadas en el Parque Temático Sendero de Interpretación Ambiental SENDICAM – Garzón:

1. Insufladora Mata Hormigas en Poliacetal Amarillo – verde.
2. Cortador Para Ramas Altas 2,40m Aluminio Truper 18409 Color Naranja.
3. Fumigadora de Espalda ROYAL CONDOR RC20L Clásica 20 lts, Embolo Externo
4. Escalera 2.49m 7 Peldaños Tijera/Bandeja Aluminio 102K Tii Bauker.

El término para el cumplimiento de esta medida compensatoria será de tres (3) meses, después de ejecutoriado el acto administrativo.

- En el momento de presentarse alguna afectación de tipo ambiental o a terceros por la construcción de las obras de drenajes natural a intervenir, será obligación la persona jurídica **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, NIT. 901.899.217-8, representada legalmente por el señor **CARMELO SANJUANES MEDINA**, identificado con cedula de ciudadanía número 7.697.417, expedida en Neiva – Huila, o quien haga sus veces, como beneficiario del permiso de ocupación de cauce, redimir los impases ocurridos, indicando claramente que el incumplimiento de las acciones aquí dispuestas es de obligatorio cumplimiento.
- El interesado deberá organizar los trabajos de tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con las condiciones establecidas en la normatividad ambiental vigente y así evitar, minimizar y controlar los impactos ambientales generados por las obras.
- El beneficiario del presente permiso de ocupación de cauce, playas y lechos, deberá realizar una disposición final adecuada de los Residuos de Construcción y Demolición RCD, disponiéndolos en sitio autorizado para tal fin, en cumplimiento de las disposiciones normativas de la Resolución No. 0472 del 28 de febrero de 2017 Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición –RCD y se dictan otras disposiciones.
- Los permisos, concesiones y/o autorizaciones ambientales que se requieran para la construcción de las obras de ocupación de cauce, deberán solicitarse con anterioridad y obtenerlos antes de iniciar las mismas.
- La Corporación, en el marco del trámite de ocupación de cauce, no evalúa aspectos estructurales, presupuestarios, de estabilidad, procesos constructivos, materiales utilizados, entre otros para la obra de mantenimiento y reforzamiento del puente sobre quebrada seca ubicado en el municipio de Altamira(H). Por consiguiente, esta responsabilidad recae en los diseñadores, constructor y ejecutor del proyecto.
- La ejecución de las obras deberá ajustarse a los procesos constructivos definidos en los diseños y a las recomendaciones técnicas señaladas en los estudios que sirvieron de base para el presente trámite. En consecuencia, será responsabilidad del contratista y del ejecutor del proyecto garantizar que cada fase constructiva se desarrolle conforme a dichos lineamientos, asegurando la correcta implementación de las medidas previstas y el cumplimiento de la normatividad aplicable.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

- *Se deberá mantener libre la sección hidráulica del cauce mediante labores periódicas de limpieza y retiro de sedimentos u otros materiales arrastrados, a fin de evitar estrangulamientos que puedan incrementar los niveles o velocidades del flujo y generar riesgos de inundación. Se le deberá hacer seguimiento anual, con el fin de verificar su adecuada capacidad de conducción.*

(...)"

FUNDAMENTOS JURÍDICOS

Que el artículo 8 de la Constitución Política establece que *"Es Obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación"*.

Que el artículo 79 de la Carta Política indica que: *"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines"*.

Que el artículo 80 ibídem, establece que: *"El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución"*.

Que la protección al medio ambiente corresponde a uno de los más importantes cometidos estatales, es deber del Estado garantizar a las generaciones futuras la conservación del Ambiente y la preservación de los recursos naturales.

Que el artículo 209 Ibídem, en cuanto a la función administrativa, establece que se halla al servicio de los intereses generales y se desarrolla con fundamento en los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad, publicidad, y añade que las autoridades administrativas deben coordinar sus actuaciones para el adecuado cumplimiento de los fines del Estado.

Que el artículo 102 del Decreto Ley 2811 de 1974, establece que *"... quien pretenda construir obras que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua, deberá solicitar autorización"*.

Que el Decreto 1076 de 2015, en su artículo 2.2.3.2.12.1, dispone que *"... 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 Ambiental competente. Igualmente se requerirá permiso cuando se trate de la ocupación permanente o transitoria de playas..."*

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Que según el artículo 31 Numeral 2, de la Ley 99 de 1993, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente.

Que hechas las anteriores consideraciones de orden jurídico y acogiendo lo establecido en el Concepto Técnico descrito, se considera viable técnica y jurídicamente otorgar el permiso de ocupación de cauce, playa y lechos, a favor del solicitante en los términos a puntualizar en la parte resolutive de este acto administrativo.


Que, en mérito de lo expuesto, la Dirección Territorial Centro de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM,

RESUELVE

ARTÍCULO PRIMERO. – OTORGAR PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE, PLAYAS Y/O LECHOS, a favor del **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, para la ejecución de actividades de mantenimiento y reforzamiento estructural del puente vehicular sobre el drenaje natural denominado “Quebrada Seca”, mediante un sistema de recalce estructural, en atención a los procesos de socavación local identificados en dicha infraestructura, la cual ostenta las siguientes especificaciones técnicas y constructivas:

Tabla No. 1. Especificaciones técnicas de la obra autorizada.

Ítem	Descripción técnica
Tipo de obra	Reforzamiento estructural mediante sistema de recalce estructural
Infraestructura intervenida	Puente vehicular sobre el drenaje natural Quebrada Seca
Tipo de intervención	Mantenimiento y reforzamiento de los estribos izquierdo y derecho del puente
Causa de la intervención	Procesos de socavación local en la cimentación existente
Elemento principal del recalce	Pantallas verticales de concreto reforzado
Espesor de las pantallas	0,50 metros
Profundidad de las pantallas	Hasta 2,65 metros por debajo de la base de la cimentación existente
Elementos complementarios	Construcción de vigas de cimentación y vigas de recalce
Secciones típicas de vigas	• 0,50 m × 0,50 m • 1,10 m × 0,50 m • 1,25 m × 0,50 m
Sistema constructivo	Concreto reforzado, conforme a diseños estructurales aprobados
Carácter de la obra	Intervención puntual y localizada, asociada al reforzamiento de infraestructura existente

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

Fuente hídrica intervenida	Quebrada Seca, afluente del río Suaza (margen izquierda)
Localización geográfica	Vereda El Puente, municipio de Altamira – Huila
Coordenadas (Bogotá – Magna Sirgas)	X: 811038 – Y: 717011
Altitud aproximada	997 m s. n. m.

Fuente: Informe de Visita y Concepto Técnico No. 002 de fecha 13 de enero de 2026.

PARÁGRAFO PRIMERO. Las presentes especificaciones técnicas corresponden a las evaluadas y aprobadas por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, y deberán ejecutarse estrictamente conforme a los diseños presentados, sin exceder las dimensiones, localización ni alcances aquí establecidos.

PARÁGRAFO SEGUNDO. Este permiso se otorga con fundamento en las consideraciones enunciadas en la parte motiva del presente acto administrativo y en el Informe de Visita y Concepto Técnico No. 002 de fecha 13 de enero de 2026, el cual hace parte íntegra del mismo y es de obligatorio cumplimiento.

ARTÍCULO SEGUNDO. – La obra objeto del presente permiso se desarrollará sobre drenaje natural denominado “Quebrada Seca”, afluente de la fuente hídrica denominada “Río Suaza” por su margen izquierda, en las coordenadas planas con origen Bogotá – Magna Sirgas X: 811038 y Y: 717011, a una altitud aproximada de 997 m.s.n.m., dentro de la vereda El Puente, en jurisdicción del municipio de Altamira – Huila.

PARÁGRAFO PRIMERO. La obra autorizada deberá ejecutarse exclusivamente en las coordenadas y localización señaladas en el artículo primero del presente acto administrativo, las cuales se encuentran dentro del cauce natural de la fuente hídrica intervenida, debiendo el titular del permiso adoptar todas las medidas necesarias para prevenir, mitigar y minimizar los impactos ambientales que se puedan generar con ocasión de la intervención autorizada.

PARÁGRAFO SEGUNDO. Las afectaciones, impactos o intervenciones que se generen con ocasión de la ejecución de la obra autorizada deberán adelantarse estrictamente bajo el cumplimiento de las condiciones, prohibiciones y requisitos previstos en la normatividad ambiental vigente, así como de las obligaciones, medidas y disposiciones establecidas en el presente acto administrativo, sin perjuicio de las demás autorizaciones o permisos a que haya lugar.

ARTÍCULO TERCERO. – El presente permiso se otorga por el término de UN (01) AÑO, contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

ARTÍCULO CUARTO. – Como medida de compensación por el uso, aprovechamiento y/o afectación del lugar intervenido con ocasión de la ocupación de cauce, y en atención a los impactos generados sobre los recursos físicos y biológicos, el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, deberá entregar a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM los siguientes elementos e implementos, destinados a la ejecución de labores de mantenimiento, poda y control fitosanitario de las especies forestales y ornamentales localizadas en el Parque Temático Sendero de Interpretación Ambiental SENDICAM, ubicado en la Dirección Territorial Centro – DTC, en el municipio de Garzón – Huila:

- a) Una (01) insufladora mata hormigas, en poliacetal, color amarillo-verde, o de características técnicas equivalentes o superiores.
- b) Un (01) cortador para ramas altas, con longitud mínima de 2,40 metros, fabricado en aluminio, o de especificaciones técnicas equivalentes o superiores.
- c) Una (01) fumigadora de espalda, capacidad mínima de 20 litros, con émbolo externo, o de características técnicas equivalentes o superiores.
- d) Una (01) escalera tipo tijera, fabricada en aluminio, con altura mínima de 2,49 metros, siete (07) peldaños y bandeja portaherramientas, o de especificaciones técnicas equivalentes o superiores.

PARÁGRAFO PRIMERO. El término establecido para el cumplimiento de la medida compensatoria relacionada en el presente artículo, será de **TRES (03) MESES**, contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo, teniendo en cuenta que, las especificaciones técnicas de los equipos objeto de entrega queda sujeta a previa concertación con la Dirección Territorial Centro.

PARÁGRAFO SEGUNDO. En caso de requerir prórroga para dar cumplimiento a la medida compensatoria descrita, el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, en su calidad de titular del presente permiso, deberá solicitarla con mínimo **VEINTE (20) DÍAS** de antelación al vencimiento del término dispuesto, informando al Despacho de forma escrita a través de los canales autorizados por esta Corporación.

PARÁGRAFO TERCERO. Los elementos descritos deberán entregarse en óptimas condiciones de funcionamiento, nuevos y sin uso, dentro del término que señale esta Autoridad Ambiental, dejando constancia escrita de su entrega y recepción por parte de la Dirección Territorial Centro – DTC.


	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

ARTÍCULO QUINTO. – Se realizará una (01) visita de seguimiento durante la vigencia del permiso en cuestión, en donde se evaluará el cumplimiento de las obligaciones aquí estipuladas, así como la necesidad de efectuar una nueva visita.

ARTICULO SEXTO. – El **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, en su calidad de titular del presente permiso, deberá realizar una disposición final adecuada de los Residuos de Construcción y Demolición RCD, disponiéndolos en sitio autorizado para tal fin, en cumplimiento de las disposiciones normativas de la Resolución No. 0472 del 28 de febrero de 2017 Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición –RCD y se dictan otras disposiciones.

ARTÍCULO SÉPTIMO. – El **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, en su calidad de titular del presente permiso, deberá dar obligatorio cumplimiento a los siguientes aspectos:

1. Deberá realizar una disposición y conformación adecuada de los materiales de excavación y dejar el sitio intervenido en las mismas condiciones naturales anteriores, con el fin de garantizar la conservación de la dinámica natural, la geoforma y el patrón de drenaje del drenaje natural.
2. Durante la ejecución de la obra, deberá prevenir el aporte de sedimentos, grasas y aceites evitando el deterioro de la calidad de recurso hídrico. Prohibir el lavado de equipos y maquinaria en la fuente hídrica y reutilizar al máximo los materiales de obra como formaletas, maderas, etc, que sean susceptibles de utilizar. Una vez finalice las obras de construcción, las zonas intervenidas deben entregarse restauradas, libre de basuras, escombros, materiales o cualquier tipo de desechos que se encuentre sobre los taludes o cauce de la fuente hídrica intervenida.
3. Los materiales de construcción que demande la obra para su construcción, deberán provenir de zonas amparadas por un título minero y licencia ambiental expedidas por las autoridades competentes.
4. En el momento de presentarse alguna afectación de tipo ambiental o a terceros por la construcción de las obras sobre el drenaje natural, será obligación del beneficiario del permiso de ocupación de cauce, redimir los impases ocurridos, indicando claramente que los incumplimientos de las acciones aquí dispuestas son de obligatorio cumplimiento.

 <p>cam CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<p>RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO</p>	<p>Código: F-CAM-110</p>
		<p>Versión: 9</p>
		<p>Fecha: 5 Jul 18</p>

5. Se deberá tener especial cuidado con las líneas de acueducto y gas que puedan encontrarse en el desarrollo de las obras, a fin de evitar daños sobre las mismas y afectaciones a la comunidad.
6. De ser necesario la tala de elementos forestales se deberán tramitar los respectivos permisos de aprovechamiento, previo al inicio de las obras.
7. Deberá implementar señales informativas sobre el cruce de fauna silvestre en la vía, cercano al sitio intervenido, con el propósito de alertar a los conductores sobre la presencia potencial de fauna silvestre en cercanías de la vía, para prevenir el atropellamiento de especímenes de fauna silvestre.
8. En el momento de presentarse alguna afectación de tipo ambiental o a terceros por la construcción de la obra autorizada, será obligación el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, como titular y beneficiario del permiso presente permiso, de redimir los impases ocurridos, indicando claramente que las disposiciones aquí establecidas son de obligatorio cumplimiento.
9. Deberá organizar los trabajos de tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con las condiciones establecidas en la normatividad ambiental vigente y así evitar, minimizar y controlar los impactos ambientales generados por las obras.
10. Los permisos, concesiones y/o autorizaciones ambientales que se requieran para la construcción de las obras de ocupación de cauce, deberán solicitarse con anterioridad y obtenerlos antes de iniciar las mismas.
11. La Corporación dentro del trámite de ocupación de cauce no evalúa el componente estructural, presupuestal, estabilidad, proceso constructivo, materiales utilizados para la construcción de la obra autorizada, por consiguiente, esta responsabilidad recae en los diseñadores, constructor y ejecutor del proyecto.

ARTÍCULO OCTAVO. – Las indemnizaciones a que haya lugar por ejercicio de la servidumbre, así como las controversias que se susciten entre los interesados se regirán por las disposiciones del Código civil y de Procedimiento Civil.

ARTÍCULO NOVENO. – La Corporación se reserva la facultad de revisar, modificar o revocar en cualquier momento el presente permiso cuando encontrare mérito para ello.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISO	Código: F-CAM-110
		Versión: 9
		Fecha: 5 Jul 18

ARTÍCULO DÉCIMO. – El incumplimiento de las obligaciones señaladas en la presente Resolución dará lugar a la imposición de las sanciones señaladas en el Artículo 40 de la Ley 1333 de 2009, previo proceso sancionatorio adelantado por esta autoridad ambiental.


ARTÍCULO DÉCIMO PRIMERO. – Se advierte Al el **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, que de realizar actividades que estén sujetas a permisos ambientales por parte de esta Corporación diferentes a las otorgadas dentro del presente, deberán tramitarlos y obtenerlos previo a la ejecución de los mismos, so pena de incurrir en contravención a la normatividad ambiental vigente al momento de su puesta en funcionamiento.

ARTÍCULO DÉCIMO SEGUNDO. – Notificar en los términos del Artículo 67 y siguientes de la Ley 1437 de 2011, el contenido de la presente Resolución al **CONSORCIO PUENTES INGELEC**, identificado con NIT No. 901.899.217-8, a través de su representante legal o quien haga sus veces, a la dirección autorizada, indicándole que contra ésta procede el recurso de reposición dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a su notificación.

ARTÍCULO DÉCIMO TERCERO. – La presente resolución rige a partir de su ejecutoria y requiere de su publicación en la página web de esta Corporación.

NOTIFÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

LESLYE YUBEY MUÑOZ POLANCO
Directora Territorial Centro

Proyectó: MJ Salazar 
Abogada DTC
Expediente: POC-00082-25