

Práctica empresarial en IBG Ingeniería como auxiliar de Ingeniería Civil

Andrés Felipe Blanco Barragán

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Andrés Almeyda Ortiz

Ingeniero Civil con maestría en recursos hídricos y saneamiento ambiental.

Tutor

Abner Alexey Rincón Suarez

Ingeniero Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Este es un logro que me gustaría dedicar a mi madre que, aunque no me acompaña físicamente, sé que ha estado en cada una de mis decisiones y que me ha acompañado a lo largo de todos mis procesos siempre ayudándome a escoger los caminos correctos. Con igual importancia, a mi padre, que a pesar de todas las dificultades nunca dejó de creer en mi potencial y siempre ha dado todo por mí, para que sea una persona de bien y pueda aportar a mi comunidad siendo una persona ejemplar y correcta.

También quiero hacer una mención a mis hermanos, quienes me acompañan y alegran mis días y por quienes me esfuerzo en mi diario vivir para lograr ser un referente y confidente para que juntos logremos salir adelante y concluir multitud de logros juntos.

De igual forma quiero también dedicar este logro a mis abuelos y tíos quienes han jugado un papel importante en mi vida, dándome infinidad de consejos y siempre brindándome su apoyo en los momentos más difíciles para poder seguir adelante y aspirar a objetivos tan grandes como ser ingeniero civil de la Universidad Industrial de Santander, el cual ha sido siempre mi sueño.

Andrés Felipe Blanco Barragán.

Agradecimientos

Me gustaría dar un agradecimiento gigante a la empresa que me abrió sus puertas y me enseñó infinidad de cosas en mis prácticas empresariales. IBG Ingeniería fue una experiencia completamente gratificante en donde me dieron la posibilidad de desenvolverme y demostrar todas mis capacidades, dándome la oportunidad de participar de forma activa en todos los proyectos con los que contaba la empresa durante mi estancia.

También quiero agradecer a mi director de proyecto Andrés Almeyda Ortiz, quien me guió con su experiencia a lo largo de este camino y, que desde el momento en el que me acerque a preguntarle si podría ser mi director, siempre estuvo dispuesto a apoyarme y acompañar mi proceso.

Para finalizar, agradecer a mi tutor Abner Alexey Rincón Suarez y mis compañeros de empresa quienes hicieron cada uno de los días una experiencia nueva y un aprendizaje constante.

Andrés Felipe Blanco Barragán

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.....	12
1. Marco de referencia.....	14
1.1 Marco teórico.....	14
1.2 Definición de conceptos clave.....	14
1.3 Empresa.....	18
1.3.1 Misión.....	19
1.3.2 Visión.....	19
2. Objetivos.....	20
2.1 Objetivo General.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. Metodologías aplicadas en el desarrollo de la práctica empresarial.....	21
3.1 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula.....	22
3.1.1 Inventario de estaciones para recopilación de información hidrológica.....	22
3.1.2 Balance hídrico.....	23
3.1.3 Estimación de la oferta hídrica total y oferta hídrica disponible.....	25
3.2 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto estudio y diseño de obras hidráulicas vía Rivera Huila.....	26
3.2.1 Delimitación de unidades hidrográficas.....	26
3.2.2 Obtención de caudales para diseño de obras hidráulicas.....	26

3.2.3 Diseño de estructuras hidráulicas.....	28
3.3 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá.....	30
3.3.1 Modelo hidráulico.....	30
3.4 Acompañamiento como auxiliar de ingeniería en las visitas técnicas y socialización de proyectos.....	33
4. Resultados obtenidos de las actividades desarrolladas en la práctica empresarial.....	35
4.1. Productos realizados para el proyecto plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula.....	35
4.1.1. Polígonos de Thiessen.....	35
4.1.2. Balance hídrico.....	36
4.2. Productos realizados para el proyecto estudio y diseño de obras hidráulicas vía Rivera Huila.....	36
4.2.1. Delimitación de unidades hidrográficas.....	36
4.2.2. Diseño de estructuras hidráulicas.....	37
4.3. Productos realizados para el proyecto estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá.....	39
4.4. Producto del acompañamiento visitas técnicas y socialización de proyectos.....	40
5. Conclusiones.....	41
6. Referencias.....	42

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Valores para estimación del coeficiente de Manning.</i>	31
Tabla 2. <i>Dimensionamiento de Box Culverts – Proyecto vía Rivera Huila</i>	37

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Logo IBG Ingeniería.</i>	19
Figura 2. <i>Curvas Intensidad Duración Frecuencia para la Estación GUADUAL EL [21110440]</i>	27
Figura 3. <i>Alternativas para localización en planta de alcantarillas.</i>	29
Figura 4. <i>Geometría en modelo digital de elevación para estudio hidráulico.</i>	32
Figura 5. <i>Aforo en río Lebrija.</i>	33
Figura 6. <i>Socialización con equipo de trabajo</i>	34
Figura 7. <i>Participación en trabajos de campo.</i>	34
Figura 8. <i>Polígonos de Thiessen. Selección de estaciones climatológicas – Unidad hidrográfica Angula.</i>	35
Figura 9. <i>Balance Hídrico [mm] (2013-2021) Estación Aeropuerto Palonegro</i>	36
Figura 10 . <i>Unidades hidrográficas para estructuras principales – Proyecto vía Rivera Huila</i> .	37
Figura 11. <i>Dimensionamiento de Box Culvert. Vista Perfil en HY8– Proyecto vía Rivera Huila</i>	38
Figura 12. <i>Gráfica Descarga vs Profundidad de Box Culverts. HY8 – Proyecto vía Rivera Huila</i>	38

Figura 13. *Inundación para TR 100 años. Vista en planta - Proyecto Rionegro, Quebrada Samacá.*

.....39

Figura 14. *Perfil del modelo hidráulico - Proyecto Rionegro, Quebrada Samacá.*40

Glosario

ArcGIS: es un software enfocado en facilitar los procesos que tengan que ver con los sistemas de información geográfica (Esri, 2023).

Canal: corriente artificial manejable con una configuración transversal uniforme y definida, destinada a contener un flujo constante o intermitente de agua, o para conectar dos cuerpos de agua distintos (Chow et al., 1994).

Cuenca Hidrográfica: se define como un territorio que recoge y concentra las aguas superficiales o subterráneas que fluyen hacia una red natural, formada por uno o varios cauces naturales, que se unen en un curso de mayor tamaño (*Decreto 1729 de 2002*).

HEC-HMS: se trata de un modelo que se enfoca en dividir la cuenca de origen en subcuencas que están relacionadas con los ríos y corrientes de la red fluvial (López, 2012).

HEC-RAS: es un sistema integrado de software para análisis hidráulico de redes de canales naturales y artificiales (INVIAS, 2009).

Hidráulica: es una disciplina de la Física que se dedica a investigar la conducta y el desplazamiento de los fluidos (Enriqueta & Hernández, 2014).

Hidrología: es la disciplina que estudia el comportamiento del agua terrestre (Chow et al., 1994).

PORH: plan de ordenamiento de recurso hídrico, es un mecanismo de planificación que permite administrar de manera eficiente el recurso hídrico y hacer un control de su calidad y cantidad (MINAMBIENTE, 2018).

Precipitación: la precipitación se puede describir como la incorporación de agua al suelo en diferentes estados: líquido, sólido (como nieve o granizo) y también en forma de vapor (Juncosa, 2005a).

SIG: sistema de información geográfico o en inglés geographic information system.

Resumen

Título: Práctica empresarial en IBG Ingeniería como auxiliar de ingeniería civil.

Autor: Andrés Felipe Blanco Barragán **

Palabras Clave: Hidrología, Hidráulica, SIG, ArcGIS, HEC-RAS, HEC-HMS.

Descripción: Durante el periodo de tiempo en el cual realicé las prácticas empresariales en la empresa IBG ingeniería, conté con la confianza y oportunidad brindada por la empresa de apoyar con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en diversos proyectos. El propósito principal de este documento es dar a conocer el papel que desempeñé en proyectos como planes de ordenamiento de recurso hídrico, estudios de inundación, diseños de elementos hidráulicos para vías y diseño de la parte hidráulica para puentes, en los cuales fue necesario utilizar softwares como ArcGIS, Hec-ras y Hec-hms, con los cuales logré cumplir varios de los objetivos planteados inicialmente como ayudar con la elaboración de planos, delimitación de unidades hidrográficas (cuencas) y análisis hidrológicos. Por otra parte, se ejecutaron salidas de campo en las cuales se supervisó la toma de datos in-situ y se realizaron socializaciones de los proyectos con la comunidad, durante las cuales mi papel fundamental era explicar la parte técnica. A lo largo del desarrollo de los proyectos ejecutados, consolidé los conocimientos adquiridos en el marco de mi proceso académico que me prepararon para el desarrollo de las prácticas empresariales y el inicio de mi vida profesional, en la cual planeo dejar en alto el nombre de la Universidad Industrial de Santander.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Andrés Almeyda Ortiz. Maestría en recursos hídricos y saneamiento ambiental.

Abstract

Title: Practice business at IBG engineering as a civil engineering assistant.*

Author(s): Andrés Felipe Blanco Barragán**

Key Words: Hydrology, Hydraulics, GIS, ArcGIS, HEC-RAS, HEC-HMS.

Description: During the period in which I carried out my internship at IBG Ingeniería, I had the opportunity to contribute with the knowledge acquired throughout my career to various projects. The main purpose of this document is to evidence the role I played in projects such as water resource management plans, flood studies, design of hydraulic elements for roads and bridges. In these projects, it was necessary to use software such as ArcGIS, Hec-RAS, and Hec-HMS, which allowed me to fulfill several objectives, such as assisting in plan formulation, delimitation of hydrographic units (basins), and hydrological analysis. Furthermore, field trips were conducted for data collection supervision, and project presentations were held with the community. During these interactions, my primary role was to explain the technical aspects. Throughout these projects, I strengthened the knowledge acquired during my academic journey, which prepared me for my internship and the beginning of my professional career. In this new phase, I plan to uphold the reputation of the Universidad Industrial de Santander.

* Graduate Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering.

Director: Andrés Almeyda Ortiz. Master's degree in water resources and environmental sanitation.

Introducción

El agua, además de ser un recurso vital para la vida, es un pilar de la economía nacional e internacional. La mitad de la mano de obra a nivel mundial se encuentra empleada en ocho diferentes sectores que dependen del agua y de los recursos naturales que derivan de esta (UNESCO, 2015). El uso de forma irracional y la escasa disponibilidad en algunas partes del mundo ha generado incrementos en los niveles de contaminación, lo que deriva en que cada vez se encuentra agua con menores índices de calidad y que su localización esté en constante cambio debido a la alteración de los ciclos hidrológicos. Este inadecuado uso del agua produce directamente un riesgo latente para el bienestar humano debido a la decadencia general en la salud en el entorno acuático (Cordero, 2019).

Un mejor orden de los recursos hídricos dirigido hacia los diferentes usos, incluyendo la eliminación de prácticas donde el uso del recurso sea desmedido, podría representar un aporte significativo a la disminución de la pobreza, a mejorar la salud pública y la calidad con que se vive en el campo y zonas rurales (Sebastián et al., 2011). Es por esto por lo que se realizan planes de ordenamiento de recurso hídrico, los cuales son instrumentos de planificación que permiten a las autoridades ambientales, determinar la finalidad y uso de los cuerpos de agua, tanto superficiales como marinos, estableciendo normas, condiciones y las guías para lograr el alcance y sostenimiento de los usos de mayor provecho para la comunidad, además de conservar los ciclos biológicos y el desarrollo natural de las especies que habitan las zonas beneficiadas (Minambiente, 2018).

Debido a esto, es de vital importancia contribuir a la población a la hora de realizar proyectos ingenieriles que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas de las diversas comunidades que puedan llegar a necesitar de los servicios de los ingenieros civiles, siendo esta la razón principal por la que se opta por la modalidad de práctica empresarial. En este documento se pueden evidenciar los procesos, resultados y conclusiones de 16 semanas en las que IBG ingeniería obtuvo apoyo y acompañamiento técnico del practicante, entregando trabajo de calidad que contribuye con lo que la ingeniería civil significa.

La modalidad de práctica empresarial, contribuyó con la finalización de un proceso universitario en donde se fortalecieron los conocimientos y aprendizajes conseguidos al largo de la carrera universitaria, participando de manera activa en diversos proyectos relacionados con los recursos hídricos en donde se cumplieron los objetivos y expectativas previstas desde el inicio de este proceso.

A lo largo del presente informe se presentará el proceso y la evidencia de la participación en proyectos como plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula, diseño de obras de drenaje en la vía Rivera Huila, y estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá, en los cuales se realizaron aportes de forma técnica, apoyo en dibujo de planos, acompañamiento en visitas técnicas, y participación en charlas y reuniones.

1. Marco de referencia

1.1 Marco teórico

El agua, que es la sustancia más común en la tierra, es fundamental para todos los seres vivos y tiene un impacto significativo en la configuración en constante cambio de la superficie terrestre. Además de ser esencial para el equilibrio climático y la supervivencia humana, juega un papel crucial en el desarrollo de las comunidades.

La hidrología, que estudia las diferentes formas del agua en nuestro planeta, es de vital importancia tanto para las personas como para el medio ambiente. Esta rama del conocimiento aplicada, encuentra utilidad en múltiples campos, incluyendo el diseño y operación de infraestructuras de agua, abastecimiento de agua, tratamiento y eliminación de aguas residuales, generación de energía hidroeléctrica, prevención de inundaciones, navegación, control de erosión y sedimentos, regulación de la salinidad, reducción de la contaminación y preservación de la vida en tierra y agua. En resumen, su función principal consiste en un análisis detallado de los desafíos asociados a estas actividades diversas, proporcionando directrices para la planificación y gestión eficaz de los recursos hídricos (Chow et al., 1994).

1.2 Definición de conceptos clave

Inundación: las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas

dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM, 2023b).

Hidráulica: es una disciplina de la Física que se dedica a investigar la conducta y el desplazamiento de los fluidos (Enriqueta & Hernández, 2014).

ArcGIS: es una plataforma integral que facilita la recopilación, organización, gestión, análisis, intercambio y distribución de datos geográficos. Es reconocida como la principal solución a nivel mundial para la creación y utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Esri, 2023).

Tiempo de concentración: el mínimo período de tiempo para alcanzar el caudal máximo a la salida de la cuenca se conoce como el tiempo de concentración. Este también se puede interpretar como el tiempo que se demora el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado (MINVIVIENDA, 2016).

IDEAM: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, es una entidad gubernamental que brinda apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, generando conocimiento y proporcionando información fiable, coherente y actualizada sobre el estado y cambios en los recursos naturales y el medio ambiente (Min-Ambiente, 2023).

INVIAS: El Instituto Nacional de Vías, tiene la función de ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial

Nacional de carreteras primaria y terciaria, férrea, fluvial y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte (INVIAS, 2009).

Cuenca hidrográfica: el área de drenaje de un río, curso de agua o lago se origina en el concepto concreto de cuenca ambiental, la cual representa una extensión superficial fisiográfica que canaliza sus flujos de agua, materiales disueltos y sedimentos hacia un punto y momento específico. Esta área está delimitada por una frontera o divisoria de aguas que separa su superficie de otras áreas, donde ocurre el flujo superficial y subterráneo que desemboca en un punto de confluencia. Además, se puede definir como una entidad fisiográfica que surge de la agrupación de un conjunto de sistemas de cursos de agua, configurados por las características topográficas. Los confines de la cuenca, establecidos naturalmente, coinciden con las elevaciones más altas de la región que rodea un río. Este concepto refleja cómo un área geográfica específica recopila y dirige el flujo de agua y otros elementos hacia un punto en particular, y cómo las divisiones topográficas determinan los límites de dicha área (*Decreto 1729 de 2002*).

Precipitación: la precipitación se puede describir como la incorporación de agua al suelo en diferentes estados: líquido, sólido (como nieve o granizo) y también en forma de vapor (Juncosa, 2005a).

Evapotranspiración: se puede conceptualizar como el producto de un proceso mediante el cual el agua se transforma de su estado líquido a gaseoso, ya sea por evaporación directa desde la superficie del suelo o mediante su paso a través de las plantas (Juncosa, 2005b).

Hidrología: la Hidrología, definida como la disciplina científica que investiga las aguas terrestres, abarcando su origen, movimiento, distribución, propiedades físicas y químicas, así como su interacción en el entorno ambiental y biológico, además de su influencia en las actividades humanas (IDEAM, 2023a).

Caudal de diseño: Es una medida de la cantidad de flujo que se calcula con el propósito de establecer las dimensiones y diseñar estructuras, dispositivos y equipos según criterios particulares para un sistema específico (tales como sistemas de bombeo, conductos, puentes, etc.) (IDEAM, 2023a).

Demanda hídrica: en el contexto de la hidrología se entiende como la estimación de la extracción de agua del sistema para ser usado como parte de las actividades productivas, desde el punto de vista económico, y para el uso doméstico. También se entiende a partir de la competencia por el uso que hacen los sectores y, por lo tanto, se asume como la no disponibilidad de agua para otras actividades antrópicas y los ecosistemas en un territorio y por un periodo de tiempo (IDEAM, 2019) (IDEAM, 2023a).

Infiltración: es el flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo. (WMO, 2012). Un estuario es el lugar donde confluye la desembocadura de un río con el mar, haciendo que se unan el agua dulce del río con el agua salada del mar, cuando esta sube. Los estuarios suelen tener forma de embudos, es en la zona más ancha donde se mezclan los dos diferentes tipos de agua (IDEAM, 2023a).

Oferta hídrica total superficial: Corresponde al volumen de agua por unidad de tiempo que escurre por la superficie del suelo, que no se infiltra o se evapora (IDEAM, 2019) y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos de una unidad hidrográfica (área, zona y subzona), cuyos usos pueden ser consumo humano y doméstico, sectores económicos, ecosistemas y el sostenimiento de los sistemas hídricos superficiales. Se expresa en términos de la variable esorrentía.

Oferta Hídrica Disponible: Corresponde al volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS), el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales y, en alguna medida, un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas, es decir, el caudal ambiental (IDEAM, 2019).

1.3 Empresa

IBG Ingeniería, fue fundada en el año 2008 por el Ingeniero Iban Gustavo Blanco. Desde entonces, es una empresa que ha ido en crecimiento y que trabaja diferentes ramas de la ingeniería, enfocándose principalmente en la línea del recurso hídrico, prestando servicios hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos, medio ambientales, ordenamientos territoriales, consultas y diseños, entre otros. Esto la perfila como una empresa que ofrece excelente oportunidad de aprender y reforzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria de cualquier practicante.

Figura 1.
Logo IBG Ingeniería.



Tomado: Pagina web IBG Ingeniería.

1.3.1 Misión

IBG Ingeniería es una empresa dedicada a generar proyectos y consultoría en el sector de infraestructura y medio ambiente, en las especialidades de hidrología, hidrogeología, hidráulica, geología, geotecnia y medio ambiente. Se apoya en la innovación, estandarización, mejoramiento continuo de sus procesos y competencia técnica del personal, con el fin de cumplir con los requisitos y expectativas de sus clientes y partes interesadas, brindar bienestar al equipo de trabajo y contribuir con el desarrollo sostenible.

1.3.2 Visión

IBG Ingeniería, para el año 2024, afianzará su presencia en el mercado nacional en las áreas de hidrología, hidráulica y medio ambiente a través de la innovación en la prestación de sus servicios, la competencia técnica y humana de su equipo de trabajo, logrando la sostenibilidad financiera de la empresa y el reconocimiento en la promoción de desarrollo sostenible en las actividades de clientes y partes interesadas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Brindar apoyo en los proyectos en curso con los que se encuentra activamente trabajando IBG ingeniería con el fin de aportar con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y a su vez agilizar los procesos.

2.2 Objetivos Específicos

- Apoyar la delimitación de cuencas hidrográficas y análisis hidrológicos que permitan obtener información relevante para los proyectos en desarrollo.
- Apoyar en el proceso de registro y tabulación de los usuarios beneficiados de los planes de ordenamiento de fuente hídrica.
- Apoyar el dibujo y/o verificación de planos y especificaciones técnicas de los proyectos en desarrollo.

3. Metodologías aplicadas en el desarrollo de la práctica empresarial.

En la práctica empresarial desarrollada en IBG Ingeniería, se llevaron a cabo procesos en los cuales el estudiante tuvo la oportunidad de aprender y aportar con sus conocimientos a los proyectos en curso de la empresa en los que se participó a lo largo de 16 semanas, en las cuales tuvo lugar la práctica empresarial. Entre los procesos anteriormente mencionados, se encuentra la obtención de datos climatológicos seleccionando las estaciones más convenientes dependiendo del proyecto, elaboración de planos haciendo uso del software ArcGIS, tabulación y filtrado de datos con ofimática, elaboración de modelos hidrológicos y delimitación de cuencas, realización de diseños hidráulicos y participación en reuniones técnicas y de socialización con la comunidad.

A lo largo de la práctica empresarial, se asignaron al practicante variedad de responsabilidades que le permitieron ampliar la visión del mundo laboral en el que se desenvuelve un ingeniero civil, siendo esta una forma de sumergirse gradualmente en el mundo profesional gracias al proceso universitario en el cual se cuenta con la conveniencia de adquirir experiencia y demostrar las habilidades que se obtuvieron a lo largo del programa académico. La intervención consistió en el apoyo de los proyectos según la asignación de actividades por parte del tutor. Para aportar de forma óptima, se realizaron reuniones periódicas de discusión, aclaración de dudas y construcción colectiva del grupo de trabajo incluido el tutor con el que cuenta IBG ingeniería.

La participación incluyó los siguientes proyectos: plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula, diseño de obras de drenaje en la vía Rivera Huila, estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá. Para estos proyectos se ofreció apoyo técnico mencionado anteriormente, lo que será presentado con mayor detalle en los siguientes apartados de este documento.

3.1 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula.

“El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico- PORH es el instrumento de planificación que permite en ejercicio de la autoridad ambiental, intervenir de manera sistémica los cuerpos de agua para garantizar las condiciones de calidad y cantidad requeridas para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y los usos actuales y potenciales de dichos cuerpos de agua” (MINAMBIENTE, 2018).

La participación a lo largo del tiempo de duración de la práctica empresarial en el proyecto PORH Angula, consistió en actividades mostradas a continuación.

3.1.1 Inventario de estaciones para recopilación de información hidrológica.

Se identificaron estaciones hidrometeorológicas representativas de la unidad hidrográfica Quebrada La Angula y alrededores, los registros e información disponibles, el análisis de las series de datos reportados, revisión de su calidad, su consistencia y homogeneidad para revisar la pertinencia de su uso. El proceso consistió en realizar un filtro dependiendo de si las estaciones climatológicas se encontraban activas o no, además de su fecha de instalación ya que se requieren series temporales de datos de al menos 10 años para que sean muestras representativas. Una vez realizado dicho filtro, se procedió a seleccionar las estaciones más influyentes sobre la cuenca de estudio por medio de un método denominado polígonos de Thiessen. El proceso consiste en delimitar las áreas de influencia a partir de un conjunto de puntos en este caso las estaciones climatológicas.

Una vez seleccionadas las estaciones más influyentes, se descargó la información necesaria dependiendo del proyecto, siendo relevante para este proyecto en específico la información de

precipitación, brillo solar, temperatura y humedad relativa. El paso posterior, fue revisar la calidad de la información, verificando que no existiese multitud de datos faltantes, y por último homogenización de datos, es decir, completar datos que no se encuentren en el registro temporal por medio de métodos estadísticos.

3.1.2 Balance hídrico

El balance hidrológico, o balance hídrico, es una herramienta utilizada en la gestión del recurso hídrico para estimar el balance de agua en una Unidad Hidrográfica o en un área determinada. El balance compara la cantidad total de agua que entra y sale de la Unidad Hidrográfica. Si la cantidad de agua que entra es mayor que la cantidad que sale, entonces hay un superávit de agua, mientras que, si es menor, se tiene déficit (Montaner & Sánchez, 1988).

El método utilizado para este proceso se conoce como el método de Thornthwaite que usa un balance hídrico, que simula el ciclo hidrológico, del cual se derivan parámetros tales como, excesos (EXC) y déficit (DEF) (Montaner & Sánchez, 1988). El balance hídrico en el perfil del suelo considera una capacidad máxima de almacenamiento de 100 mm (CH_{max}) y aplica las siguientes ecuaciones:

$$CH_j = P_j + CH_{j-1} - E \quad \text{con } 0 \leq CH \leq CH_{Máx}$$

$$CH_j = \begin{cases} CH_{j-1} + P_j - E_j & \text{si } 0 < (P_j + CH_{j-1} - E_j) < CH_{max} \\ CH_{Máx} & \text{si } (P_j + CH_{j-1} - E_j) > CH_{Máx} \\ 0 & \text{si } (P_j + CH_{j-1} - E_j) < 0 \end{cases}$$

$$EXC_j = CH_j - CH_{Máx} \text{ si } (P_j + CH_{j-1} - E_j) > CH_{max}$$

$$CH_i = \{E_j \text{ si } P > E$$

$$P_j + \Delta CH$$

Donde:

CH: Contenido de humedad del suelo en mm.

P: Precipitación en mm.

E: Evapotranspiración en mm.

ETR: Evapotranspiración real en mm.

EXC: Exceso de agua en mm.

DEF: Déficit de agua mm.

El cálculo de la ETR se realiza por el Método de Budyko, donde la evapotranspiración potencial se transforma a evapotranspiración real mediante la ecuación de Budyko (Arias Gómez & Jaramillo, 2004).

$$ETR = \left[\left(ETP * P * \operatorname{Tanh} \left(\frac{P}{ETP} \right) \right) * \left(1 - \operatorname{Cosh} \left(\frac{ETP}{P} \right) + \operatorname{Senh} \left(\frac{ETP}{P} \right) \right) \right]^{0.5}$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real en mm/año

P= Precipitación en mm/año

ETP= Evapotranspiración Potencia en mm/año

Donde, ETR es la evapotranspiración real [mm/año], ETP es la evapotranspiración potencial (mm/año) y P es la precipitación media en la Unidad Hidrográfica (mm/año).

El cálculo de ETR por Turc, está basado en un balance de masas, en función de elementos meteorológicos simples como la temperatura y la precipitación de la unidad hidrográfica:

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L} \right)^2}}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2$$

Donde:

ET= Evapotranspiración real en mm/año

P= Precipitación en mm/año

T= Temperatura en °C

Todo este proceso se realiza para saber si la precipitación que entra en la unidad hidrográfica de estudio es mayor o menor a el agua que se termina perdiendo por diferentes canales como la evaporación y la transpiración para entender el comportamiento hídrico de la cuenca.

3.1.3 Estimación de la oferta hídrica total y oferta hídrica disponible

La Oferta Hídrica Total (OHT), es el volumen de agua por unidad de tiempo que fluye por la superficie del suelo en condiciones naturales, es decir, el volumen de agua que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos. Esta variable se obtiene de dos formas: la primera, y la más precisa, es por medio de una estación Limnimétrica o Limnigráfica que se encargan de medir caudales y con las cuales se podrían hacer los análisis pertinentes y el cálculo de los diferentes índices necesarios; de la otra forma, si no existe información recopilada directamente de los afluentes, se realiza un modelo hidrológico, haciendo uso de la serie de datos de precipitación obtenidos y usando softwares como HEC-HMS.

Posteriormente, para obtener la oferta hídrica disponible se calcula el caudal ambiental que se refiere a la cantidad mínima de agua que debe dejarse fluir en un río o cuerpo de agua para mantener su salud ecológica y garantizar la continuidad de los procesos naturales en el mismo este se obtiene a partir del Q95 de los caudales medios. El Q95, se define como el valor del caudal que se supera el 95% del tiempo, es decir, se trata del caudal que se presenta el 5% del tiempo más bajo. Una vez conocido el caudal ambiental, este se le resta a la oferta hídrica total para, por último, conocer la

oferta hídrica disponible. Con estos datos se calculan diversos índices en los cuales no se tuvo participación a lo largo de la práctica empresarial (ANLA, 2013).

3.2 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto estudio y diseño de obras hidráulicas vía Rivera Huila.

El proyecto, realizado en un tramo de vía en el municipio de Riviera en el departamento de Huila, consistió en el estudio hidrológico para el posterior diseño de obras hidráulicas que permitan el normal funcionamiento del tramo de vía, apoyándose de las normativas y manuales vigentes. Para este fin, a lo largo de la práctica se participó en el proyecto como se describe a continuación:

3.2.1 Delimitación de unidades hidrográficas.

Las unidades hidrográficas se delimitan definiendo la línea divisoria de aguas, que es una línea definida topográficamente que demarca el área de drenaje superficial en donde las precipitaciones drenan hacia un mismo punto de salida. Este proceso se hace definiendo un punto de interés para posteriormente, guiándose por las curvas de nivel, encerrar todos los drenajes que drenen a el afluente principal de interés. La información geográfica de drenajes y curvas de nivel se obtiene en la página oficial del IGAC por medio de planchas de diferentes escalas (IGAC, 2023).

Este proceso se realizó con el software ArcGIS, donde se ingresa toda la información necesaria en formato shp y se calculan datos morfométricos como lo son área, longitud del drenaje principal y pendiente de cada unidad hidrográfica, factores con los cuales se puede calcular el tiempo de concentración, que es necesario a la hora de realizar un proceso hidrológico.

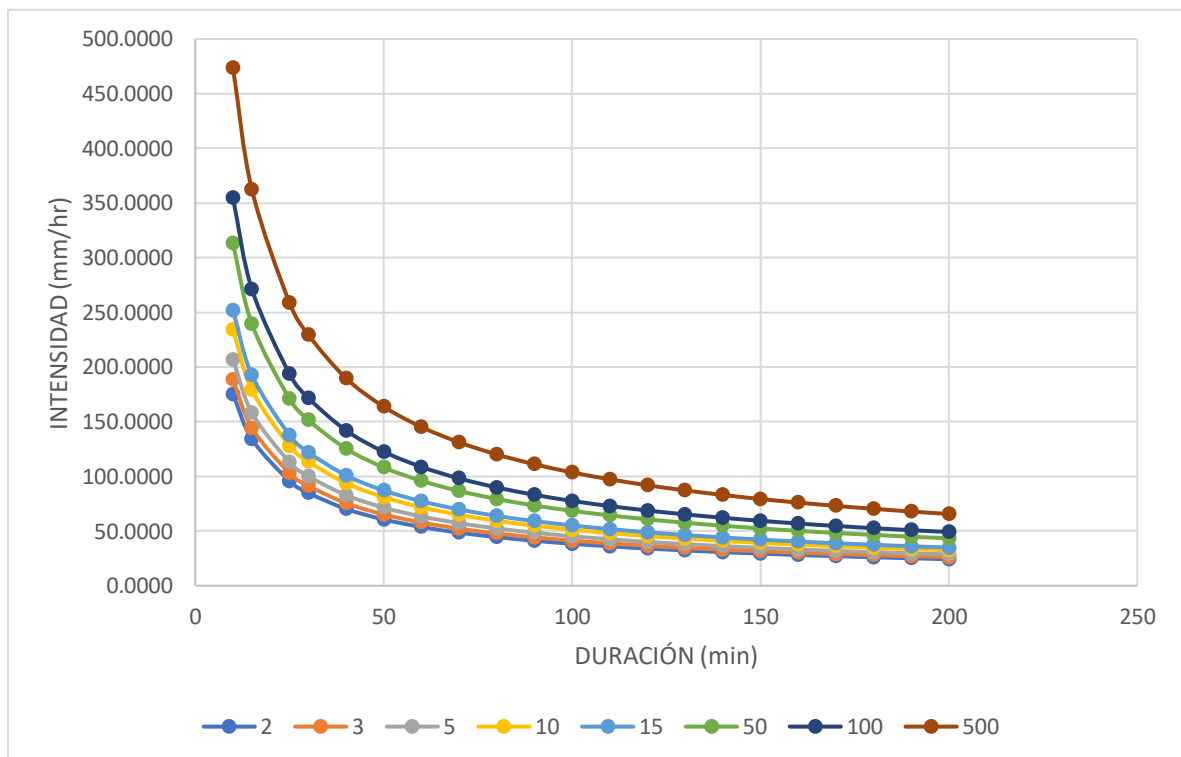
3.2.2 Obtención de caudales para diseño de obras hidráulicas.

Para obtener caudales se debe identificar las estaciones hidro climatológicas que contengan información de precipitación para una serie de datos de al menos 10 años. Una vez localizada la

estación más conveniente, se descargan los datos desde la base de información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para posteriormente, haciendo uso de los valores de precipitación máximos anuales, calcular las curvas IDF (intensidad, frecuencia y duración) que son calculadas dependiendo de la ubicación del proyecto, en este caso la región andina. El proceso para el cálculo de las curvas IDF se encuentra explicado a detalle en el manual de drenaje para carreteras realizado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en el 2009 (2.6.6.3. Cálculo de curvas IDF por método simplificado)(INVIAS, 2009). En la Figura 2 se presenta una salida gráfica ilustrando las curvas IDF para el proyecto mencionado.

Figura 2.

Curvas Intensidad Duración Frecuencia para la Estación GUADUAL EL [21110440]



En este caso en particular el área de las unidades hidrográficas no supera los 2.5 km² por lo que es posible calcular los caudales haciendo uso del método racional cuya ecuación se presenta a continuación (INVIAS, 2009).

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad (mm/h)

A: Área en (km²)

Q: Caudal de interés (m³/s)

El proceso para la obtención de los valores de coeficiente de escorrentía se deriva de las propiedades del terreno y es una constante dada dependiendo del tipo de entorno con que se cuente. Esta se selecciona por medio de las tablas 2.9 y 2.10 en el capítulo 2 del manual de drenaje para carreteras del INVIAS 2009 (INVIAS, 2009).

La intensidad es extraída de las curvas IDF elaboradas y depende del tiempo de concentración y el tiempo de retorno necesario, este variando en función del tipo de estructura a diseñar.

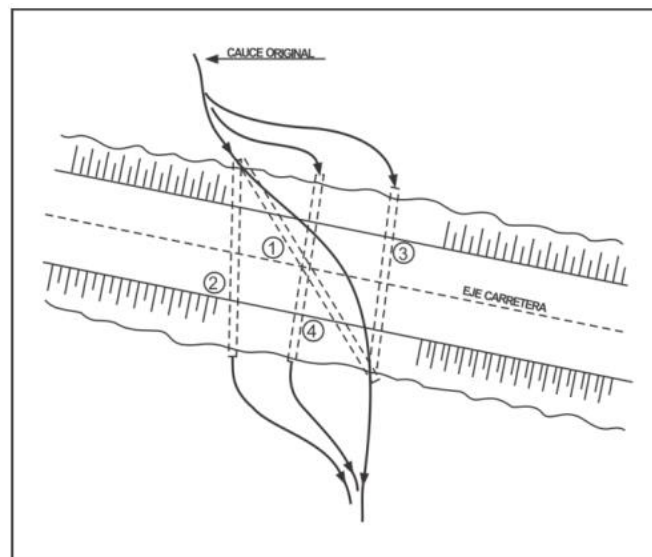
3.2.3 Diseño de estructuras hidráulicas.

Dependiendo del caudal y el tipo de terreno, se escoge el tipo de estructura para realizar, en este caso, el paso de los drenajes de un lado de la vía al otro. Para este proyecto se diseñaron alcantarillas de sección circular y tipo cajón conocidas como box culvert. Al diseñar una alcantarilla, es necesario determinar el diámetro adecuado que permita que el caudal de agua previsto fluya sin sobrepasar la carga máxima a la entrada (H_w), previniendo el arrastre de

sedimentos y la facilidad de mantenimiento, todo ello con el objetivo de garantizar la eficiencia económica de la construcción.

La carga a la entrada (H_w) se refiere a la profundidad del agua en la balsa aguas arriba de la alcantarilla. Esta medida debe tener en cuenta la cabeza de velocidad a la entrada, aunque en ocasiones puede ser despreciada si se asume que la velocidad de aproximación es muy baja (INVIAS, 2009).

Figura 3.
Alternativas para localización en planta de alcantarillas.



Tomado de: Manual de drenaje para carreteras INVIAS 2009.

Para establecer variables como el control de altura a la entrada y salida, además de la velocidad, se utiliza un software llamado HY8 que apoya el análisis de este tipo de estructuras y definir las dimensiones más convenientes para cada proyecto.

3.3 Proceso de apoyo técnico, como auxiliar de ingeniería en el proyecto estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá.

El proceso inicial para este proyecto fue completamente igual al ya explicado en el ítem *3.2.2 Obtención de caudales para diseño de obras hidráulicas.*, en el que se realiza la componente hidrológica del proyecto para la obtención de caudales para diferentes tiempos de retorno. En este caso, con estos caudales se obtienen manchas de inundación que permiten análisis para prevenir amenazas que podrían causar daños irreparables. Los pasos seguidos posteriormente a la obtención de los valores de caudales se presentan a continuación:

3.3.1 Modelo hidráulico.

En este proyecto se creó un modelo de tránsito de caudales a través de las secciones levantadas en el predio objeto. Para ello se aplicaron los conceptos técnicos de la Hidráulica de canales abiertos, donde para la determinación de niveles de inundación, se parte del concepto de variación de velocidades de flujo a lo largo de una fuente en todas las partes de la sección transversal. Esto significa que, en el plano vertical, en un canal con rugosidad mínima y flujo subcrítico, la velocidad es cero en las paredes y crece gradualmente dentro de la capa límite donde el flujo es laminar; pasada la capa límite, el flujo es turbulento y la distribución de las velocidades es diferente a la que tenía en la capa límite (Chow et al., 1994).

Es necesario establecer un correcto coeficiente de Manning (n) que permita representar la rugosidad de la forma más cercana a la realidad. Esto se realiza de acuerdo con los criterios técnicos expuestos por Ven Te Chow, quien dice que la selección adecuada de un “ n ” significa hacer una buena selección de resistencia al escurrimiento. Se utiliza el método de Cowan (Chow et al., 1994).

Tabla 1.*Valores para estimación del coeficiente de Manning.*

Condiciones del Canal			Valores
Material	Tierra		0.02
	Roca		0.025
	Grava Fina	n0	0.024
	Grava Gruesa		0.028
	arenoso		0.023
Grado de Irregularidad	Ligero		0
	Menor	n1	0.005
	Moderado		0.01
	Severo		0.02
Variaciones en la sección transversal del canal	Gradual		0
	Ocasional	n2	0.005
	Frecuente		0.01
	Muy Frecuente		0.015
Efecto relativo de obstáculos	Despreciable		0
	Menor	n3	0.012
	Apreciable		0.025
	Severo		0.055
Vegetación	Nula		0
	Baja		0.007
	Media	n4	0.017
	Alta		0.037
	Muy Alta		0.075
Grado de sinuosidad	Menor		1,000
	Apreciable	n5	1,150
	Severo		1,300

Tomado de: Manual de drenaje para carreteras INVIAS 2009.

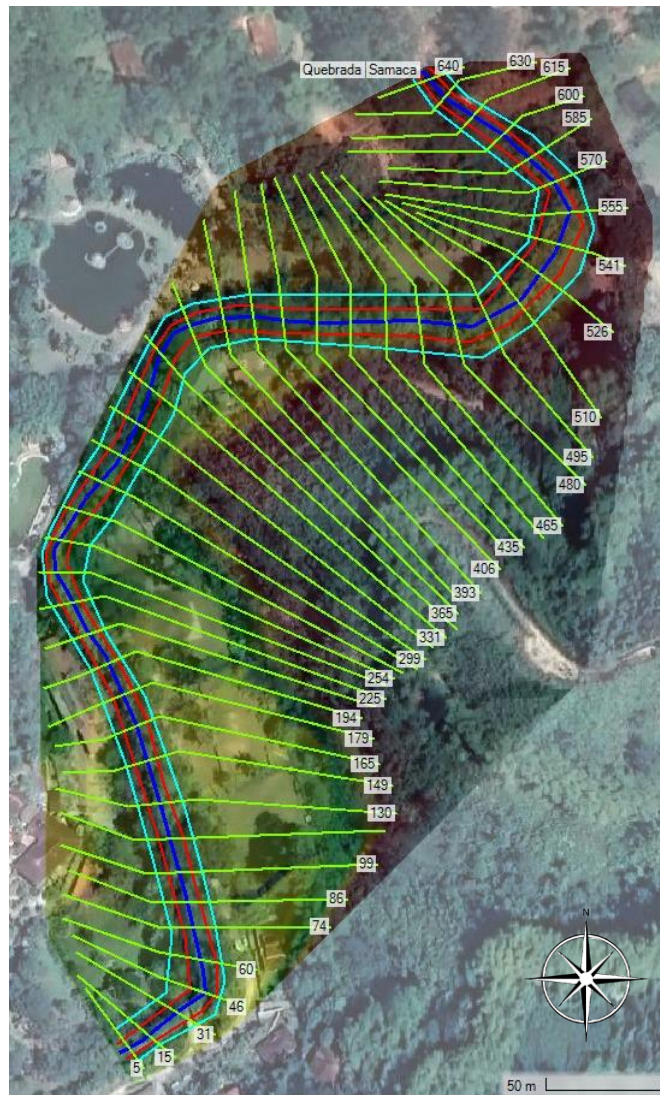
Para el coeficiente de Manning se estima un valor con la siguiente ecuación:

$$n: (n0+n1+n2+n3+n4) *n5$$

Una vez se tienen los valores de caudal y el coeficiente de Manning, se procede a realizar el modelo del cauce en estudio por medio del software Hec-Ras. Se traza el eje del afluente, el ancho y secciones transversales según la topografía del terreno y los datos anteriormente expuestos. En la Figura 4 se aprecia la geometría en planta del modelado en el software.

Figura 4.

Geometría en modelo digital de elevación para estudio hidráulico.



Una vez realizada la geometría e ingresados los valores de caudal y propiedades de las secciones transversales, se corre el programa y analizan los resultados de profundidades alcanzadas por la inundación y comportamiento del afluente.

3.4 Acompañamiento como auxiliar de ingeniería en las visitas técnicas y socialización de proyectos.

Se participó en múltiples salidas técnicas y procesos de socialización, donde la función inicial fue simplemente la socialización con la de la comunidad, la toma de datos y tabulación de estos en Excel. Posteriormente, se tuvo la responsabilidad de apoyo de ingenieros pertenecientes al consorcio encargado de los proyectos en curso, para la supervisión de la toma de datos biológicos y de calidad de agua, además del aforo de caudal para un punto de monitoreo en el río Lebrija.

Figura 5.
Aforo en río Lebrija.



Figura 6.
Socialización con equipo de trabajo



Figura 7.
Participación en trabajos de campo.



4. Resultados obtenidos de las actividades desarrolladas en la práctica empresarial.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las actividades desarrolladas durante la práctica empresarial, cuyo procedimiento fue descrito en el apartado 3. *Metodologías aplicadas en el desarrollo de la práctica* de este documento.

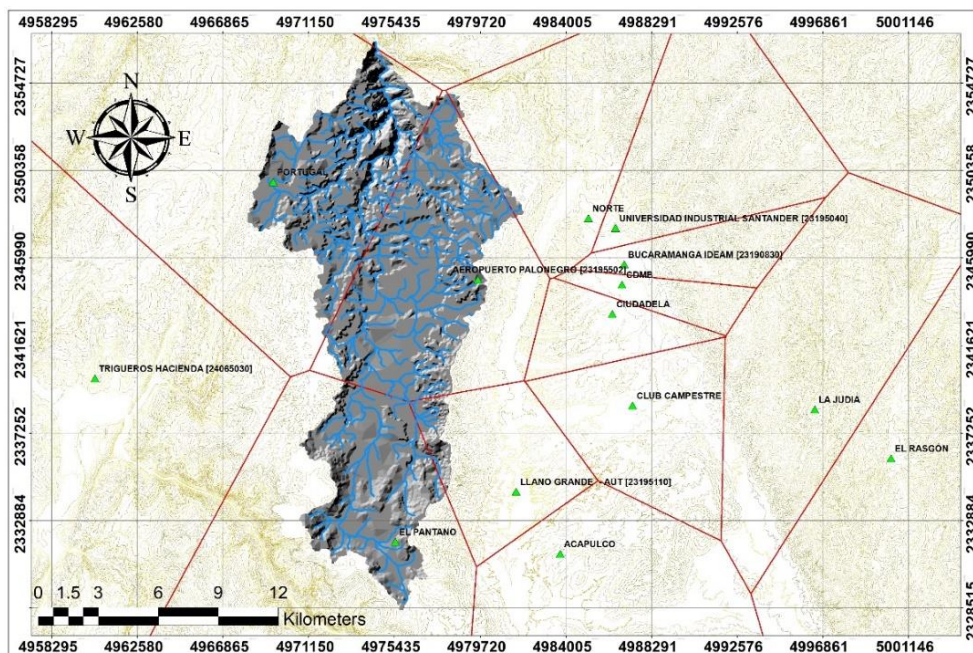
4.1. Productos realizados para el proyecto plan de ordenamiento de recurso hídrico para la unidad hidrográfica Angula.

4.1.1. Polígonos de Thiessen

Según lo descrito en el apartado 3.1.1 *Inventario de estaciones para recopilación de información hidrológica.*, se realizó la delimitación de las unidades hidrológicas del proyecto. En la Figura 8 se presenta gráficamente el resultado de la metodología de polígonos de Thiessen.

Figura 8.

Polígonos de Thiessen. Selección de estaciones climatológicas – Unidad hidrográfica Angula.

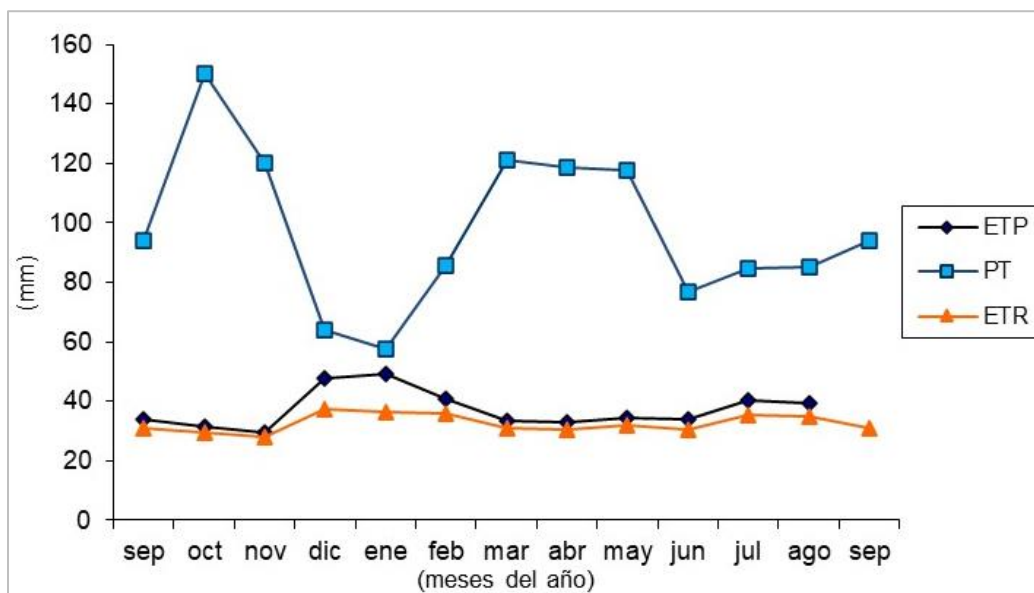


4.1.2. Balance hídrico

En la Figura 9, se presenta una gráfica de balance hídrico realizado para una de las estaciones de referencia utilizadas a lo largo del proceso.

Figura 9.

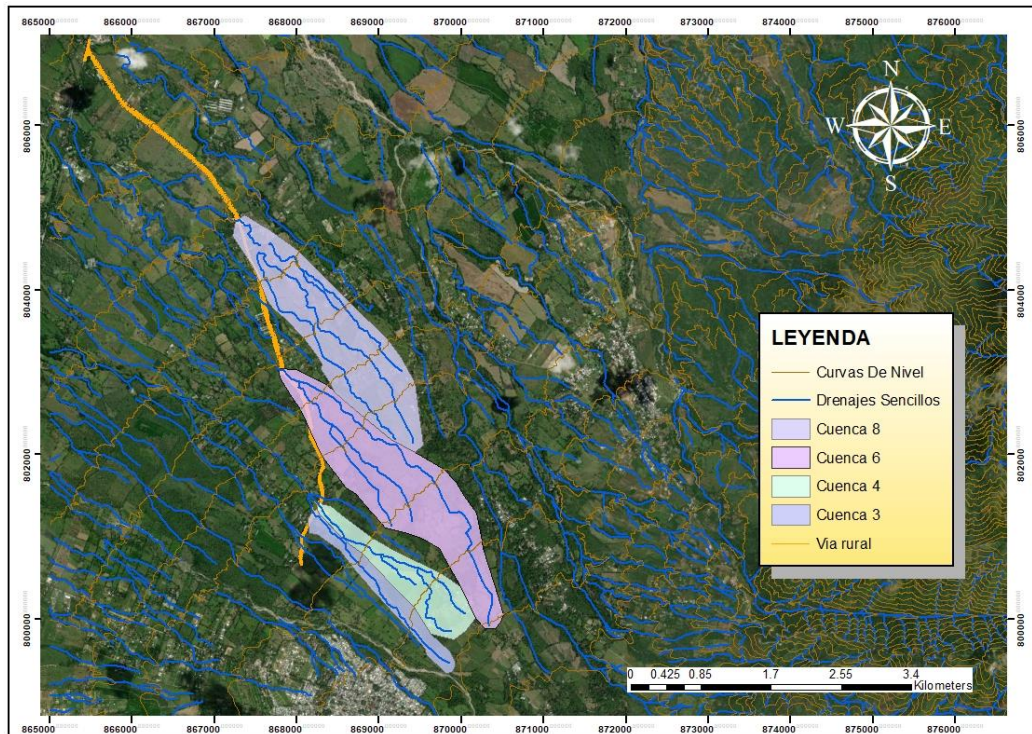
Balance Hídrico [mm] (2013-2021) Estación Aeropuerto Palonegro



4.2. Productos realizados para el proyecto estudio y diseño de obras hidráulicas vía Rivera Huila.

4.2.1. Delimitación de unidades hidrográficas.

En la Figura 10, se presentan las unidades hidrográficas delimitadas para los cruces más importantes de drenajes en el tramo de vía de estudio.

Figura 10 .*Unidades hidrográficas para estructuras principales – Proyecto vía Rivera Huila***4.2.2. Diseño de estructuras hidráulicas.**

En la

Tabla 2 se muestra el número de alcantarillas diseñadas y su ubicación a lo largo del tramo vial, además de las dimensiones propuestas para lograr el cruce de los drenajes.

Tabla 2.*Dimensionamiento de Box Culverts – Proyecto vía Rivera Huila*

Subcuenca	Tramo Vial	b (m)	y (m)	No. Estructuras	Control de entrada (m)	Control de salida (m)	Y x 1.2	Cumple control <(yx1.2)	V (m/s)	V < 10 m/s
8	km 2+800	2	2	3	1.68	1.13	2.4	CUMPLE	2.58	CUMPLE
7	km 3+870	1.5	1.5	1	1.11	0.69	1.8	CUMPLE	2.97	CUMPLE
6	km 4+720	2	2	3	1.87	1.51	2.4	CUMPLE	4	CUMPLE
5	km 6+440	2	2	1	1.39	0.49	2.4	CUMPLE	4.87	CUMPLE
4	km 6+540	2	2	1	2.19	1.61	2.4	CUMPLE	4.25	CUMPLE
3	km 6+650	2	2	2	0.99	0.25	2.4	CUMPLE	4.43	CUMPLE
2	km 6+970	2	2	1	1.43	0.91	2.4	CUMPLE	1.94	CUMPLE

<i>Subcuenca</i>	<i>Tramo Vial</i>	<i>b (m)</i>	<i>y (m)</i>	<i>No. Estructuras</i>	<i>Control de entrada (m)</i>	<i>Control de salida (m)</i>	<i>$Y \times 1.2$</i>	<i>Cumple control <(y x 1.2)</i>	<i>V (m/s)</i>	<i>V < 10 m/s</i>
1	km 7+100	1.5	1.5	1	1.3	0.87	1.8	CUMPLE	3.18	CUMPLE

Por otra parte, La Figura 11 y Figura 12 muestran los resultados de este proceso en el software HY8.

Figura 11.
Dimensionamiento de Box Culvert. Vista Perfil en HY8– Proyecto vía Rivera Huila

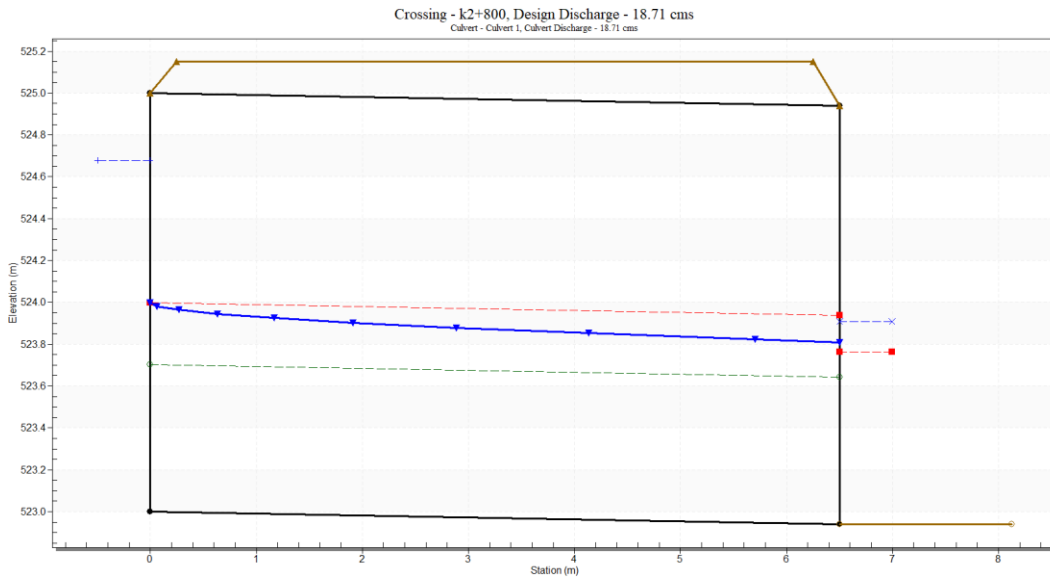
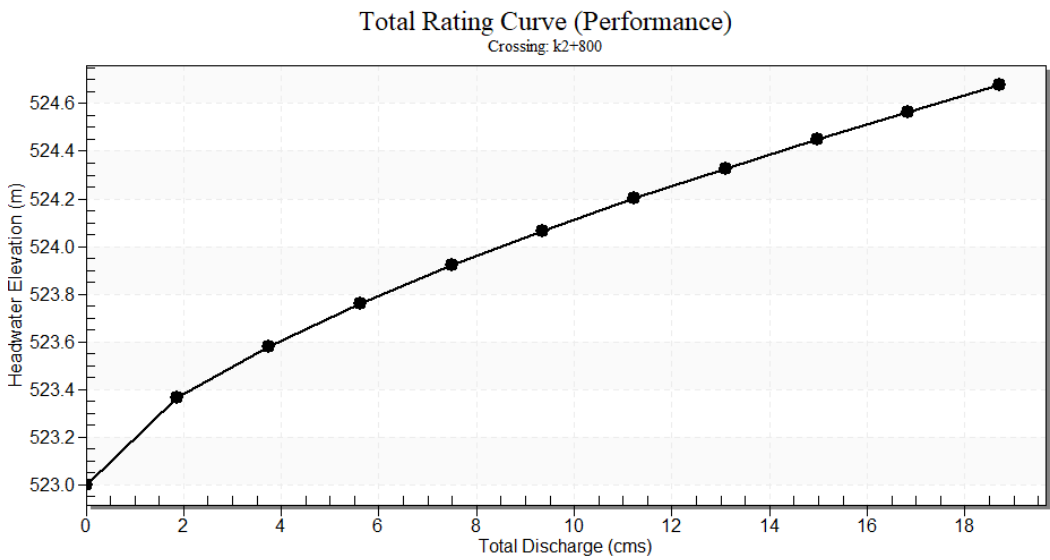


Figura 12.
Gráfica Descarga vs Profundidad de Box Culverts. HY8 – Proyecto vía Rivera Huila



4.3. Productos realizados para el proyecto estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá.

Una muestra del producto final del modelado obtenido del software Hec-Ras se puede apreciar en la Figura 13 y Figura 14.

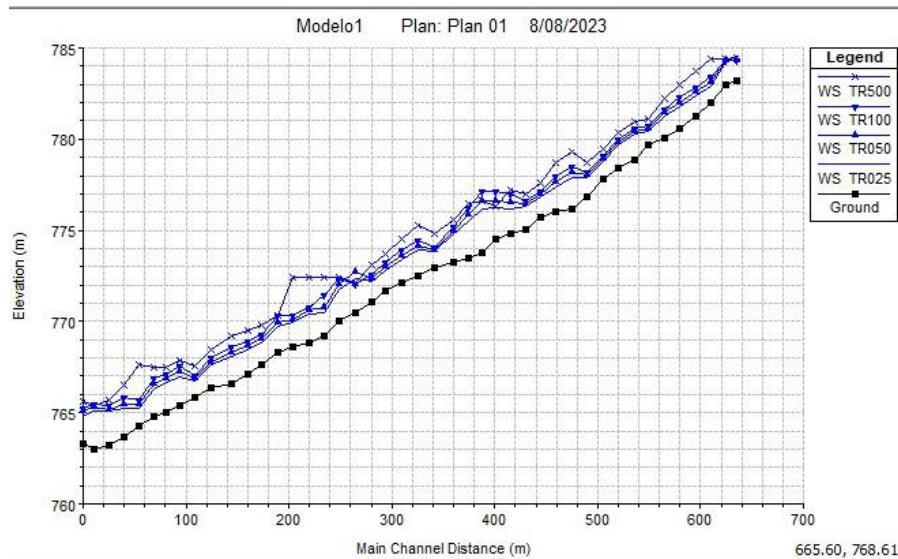
Figura 13.

Inundación para TR 100 años. Vista en planta - Proyecto Rionegro, Quebrada Samacá.



Figura 14.

Perfil del modelo hidráulico - Proyecto Rionegro, Quebrada Samacá.



En las figuras anteriores se aprecia el resultado que se obtiene al realizar un modelo de inundación. El proceso final incluye también generar salidas tipo ráster para visualizar los resultados en el software ArcGIS y, de ser necesario, proponer estructuras de contención.

4.4. Producto del acompañamiento visitas técnicas y socialización de proyectos.

El participar de las visitas técnicas permitió tener una idea general de la zona del proyecto, y de esta forma analizar los resultados que se llegaron a obtener considerando lo visualizado en campo. Por otra parte, la participación en múltiples reuniones técnicas, permitió vivir de primera mano el proceso de interrelación entre los diversos equipos que conforman un proyecto de ingeniería. Finalmente, se evidenció que la información que entidades como el IDEAM ofrece no siempre están actualizadas y el acompañar los procesos con visitas técnicas ayuda a concretar los procesos y tener certeza de que los estudios se hace de la forma correcta y coherente con la realidad.

5. Conclusiones.

Se brindó un apoyo técnico a lo largo de 16 semanas para diferentes proyectos teniendo participación relevante en los proyectos Plan de Ordenamiento de Recurso Hídrico para la unidad hidrográfica Angula, diseño de obras de drenaje en la vía Rivera Huila, y estudio de inundación para área rural en el municipio de Rionegro sobre la quebrada Samacá. Con estos proyectos se logró incursionar en el ámbito profesional, logrando así culminar el ciclo universitario con una experiencia enriquecedora para la vida laboral.

Se termina el proceso de prácticas con profundización en el uso de diferentes softwares que complementan la experiencia y enriquecen la hoja de vida, lo cual comprende habilidades valiosas a la hora de iniciar el ejercicio de la profesión.

La modalidad de práctica empresarial permitió perfeccionar lo aprendido a lo largo de toda una carrera universitaria, además de la oportunidad de participar de procesos ingenieriles en los que se trata con diversos profesionales y se aprende de forma constante.

La participación en salidas de campo permitió relacionar lo teórico con lo experimental, para de esta forma tener una visión más clara y precisa de los proyectos en curso.

Se estudiaron en detalle diversas normativas y manuales colombianos que guían y rigen las actividades profesionales, como lo son el RAS y el manual de drenaje del INVIAS 2009.

6. Referencias.

ANLA (2013). Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, MinAmbiente. *Metodología para la estimación y evaluación del caudal*. Bogotá, D.C., Colombia.

Arias Gómez, P. A., & Jaramillo, G. P. (2004). *Estimación de la Relación Adimensional de Budyko en Colombia*.

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana S.A.

Cordero, Y. (2019). *The environmental bioethics in the use and management of water at the global level*.

Decreto 1729 de 2002 [con fuerza de Ley]. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. 6 de agosto de 2002. DN17292002

Enriqueta, I., & Hernández, D. (2014). *Hidráulica*. <http://www.uaeh.edu.mx/virtual>

Esri. (2023). *ArcGis Online. Resources*. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/resources>

IDEAM. (2023a). *Glosario IDEAM*. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

IDEAM. (2023b). Inundación. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/inundaciones>

IGAC. (Febrero de 2023). *Colombia en mapas*. Obtenido de Geoportal - Instituto Geográfico

Agustín Codazzi: [https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-](https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-74.0163482980649,6.942731541838988,-73.60916751193263,7.177827806194858,4686&b=igac&l=168&u=0&t=23&servicio=5#)

[74.0163482980649,6.942731541838988,-](https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-74.0163482980649,6.942731541838988,-73.60916751193263,7.177827806194858,4686&b=igac&l=168&u=0&t=23&servicio=5#)

[73.60916751193263,7.177827806194858,4686&b=igac&l=168&u=0&t=23&servicio=5#](https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-74.0163482980649,6.942731541838988,-73.60916751193263,7.177827806194858,4686&b=igac&l=168&u=0&t=23&servicio=5#)

INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*.

Juncosa, R. (2005a). *Capítulo 2 LA PRECIPITACIÓN*. Hidrología I: ciclo hidrológico (pp. 11-32). https://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%202.pdf

Juncosa, R. (2005b). *Capítulo 4 EVAPORACIÓN Y TRANSPIRACIÓN. EVAPOTRANSPIRACIÓN*. Hidrología I: ciclo hidrológico (pp. 41-64). https://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%204.pdf

López, J.J., González, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J. y Gimena, F. (2012). *Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativas*. Obras y Proyectos 12, 15-30

MINAMBIENTE. (2018). *Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico- MADS*.

Minambiente. (2018). *Recurso hídrico continental superficial*. https://www.andi.com.co/Uploads/GUIA%20PORH%202018%20Final_continentalsuperficial.pdf

Min-Ambiente. (2023). *IDEAM. Misión y Visión*. <http://sgi.ideam.gov.co/que-es-el-sistema/mision-y->

[vision#:~:text=El%20IDEAM%20es%20una%20instituci%C3%B3n,y%20ajustes%20de%20las%20pol%C3%ADticas](#)

MINVIVIENDA. (2016). *Título D. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias*. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

Montaner, M., & Sánchez, E. (1988). *Aproximación, por el método de Thornthwaite, al cálculo de infiltración de lluvia útil*. Universidad de Murcia, 223-235.

Sebastián, C., Rojas, J., Molina, F., & Betancur, T. (2011). *CORANTIOQUIA*. In *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* (Vol. 10, Issue 19).

UNESCO. (2015). *Agua y empleo: informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016*. UNESCO.