

INFORME DE PASANTIA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN LA
EMPRESA P&S ASOCIADOS S.A.S

LAURA VALENTINA GARCIA REYES

TRABAJO INFORME FINAL DE PASANTIA COMO OPCIÓN DE GRADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR: Ing. M Sc. CLAUDIA ROCIO SUAREZ CASTILLO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TUNJA – BOYACÁ

2022

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	6
2	INTRODUCCIÓN	7
3	OBJETIVOS	9
4	MARCO REFERENCIAL	10
4.1	MARCO CONCEPTUAL	10
4.2	MARCO CONTEXTUAL	14
4.3	MARCO TEORICO	16
4.3.1	BALANCE HÍDRICO	16
4.3.2	TRANSPOSICIÓN DE CAUDALES	22
4.3.3	SIMULACIÓN HEC HMS	23
4.3.4	SIMULACIÓN HEC RAS	25
4.3.5	MODELO DE CALIDAD	26
4.4	MARCO LEGAL	30
5	METODOLOGIA DE LA PASANTIA	33
6	RESULTADOS	40
7	CONCLUSIONES	60
8	REFERENCIAS	62
9	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Logotipo PYS Asociados s.a.s.....	14
Ilustración 2: Diseño Metodológico pasantía P&S ASOCIADOS S.A.S.....	33
Ilustración 3: Diagrama fase 1: diagnóstico de área de estudio.....	36
Ilustración 4: Diagrama fase 2: Tratamiento de información de entrada.....	37
Ilustración 5: Diagrama fase 3, Desarrollo de simulaciones y modelaciones ambientales	38
Ilustración 6: Diagrama fase 4, Esquematación y análisis de resultados.....	39
Ilustración 7: Diagrama fase 5, actividades adicionales	39
Ilustración 8: Visita de Campo acueducto La Palma - Villa De Leyva	42
Ilustración 9: Plataforma de descarga de datos hidrometeorológicas, IDEAM.....	43
Ilustración 10: Superficie DEM (Ráster), formación de drenaje y cierre de cuenca quebrada Pajonal en punto de interés	44
Ilustración 11: Curva IDF Cuenca quebrada Mancilla Fuente: P&S Asociados S.A.S.....	46
Ilustración 12: Formación hoya hidrográfica cuenca quebrada Pajonal, punto de cierre puente vehicular, vía Samacá- Guachetá, sector escuela frita peña arriba	48
Ilustración 13: Hidrogramas de respuesta Hec Hms.....	50
Ilustración 14: Manchas de inundación quebrada Mancilla para periodos de retorno de 2 y 100 años	51
Ilustración 15: Valores máximos número de Froude, con estructura Hidráulica	52
Ilustración 16: Explicación Para el Análisis y Lectura de las Gráficas Generadas en el Modelo Qual2k y graficas en Excel.	54
Ilustración 17: Grafica de comparación de resultados modelo Qalk2k	54
Ilustración 18: Mapas geográficos	55
Ilustración 19: Planos estructuras Hidráulicas	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $la=0.2s$).....	20
Tabla 2: coeficientes regionalizados (vargas y granados 1998)	22
Tabla 3: Enfoques generales de fases del diseño metodológico.	34
Tabla 4 : Insumos requeridos Diseño metodologico.....	35
Tabla 5: Proyectos desarrollados pasantia P&s asociados.....	41
Tabla 6: Estaciones hidrometeorologicas, Descarga de información.	43
Tabla 7. Parámetros Climatológicos A Nivel Mensual Multianual. - Estación Climatológica Ordinaria Venecia	45

1 RESUMEN

El recurso hídrico se considera como un recurso natural vital que puede ser utilizado con fines domésticos, agrícolas, recreativos, industriales, entre otros. Mientras que también se puede considerar un riesgo cuando presenta degradaciones en la calidad o si se llegan a presentar fenómenos naturales como crecidas o escasez del agua que repercuten directamente en factores ambientales y sociales ya que se categoriza como una amenaza para los seres vivos, el territorio y la infraestructura (UNAM, 2010). La importancia de la planificación territorial y específicamente el desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos es que se pueda determinar las implicaciones e impactos generados por el desarrollo de proyectos que interactúen o tengan incidencia sobre el recurso hídrico, permitiendo así tomar decisiones acertadas frente a la gestión y uso del recurso hídrico.

El desarrollo de la opción de pasantía en la empresa P&S asociados tiene como objetivo apoyar los procesos propios del desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos principalmente y en general de las actividades relacionadas a las actividades económicas de consultoría ambiental, desarrollados por esta empresa lo que se convierte en un enlace significativo entre los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la vida académica y la vida laboral. Finalmente, durante el desarrollo de la pasantía y aplicación de la metodología planteada, se cumplieron cada una de las actividades pactadas dentro del plan de trabajo las cuales fueron debidamente asignadas por el supervisor de la entidad.

2 INTRODUCCIÓN

En los últimos años la explotación de los recursos naturales se ha intensificado de manera alarmante a nivel mundial, con el fin de cubrir las necesidades de la creciente población, sin embargo en muchas ocasiones no se cuenta con la planificación territorial adecuada que cumpla los objetivos de garantizar la optimización y adecuado manejo de los recursos, evitando realizar impactos negativos, que afecten la disponibilidad y calidad de los recursos naturales (UNESCO, 2020). Debido a las grandes problemáticas medio ambientales que presenta el mundo hoy, se evidencia una gran necesidad de desarrollar prácticas sostenibles para la gestión y el uso eficiente de los recursos naturales, dándole un enfoque a proyectos productivos dentro de los lineamientos del desarrollo sostenible, sin embargo, en la actualidad varios criterios económicos y políticos nacionales e internacionales, definen el rumbo de las decisiones de los proyectos que inciden sobre el medio ambiente y el rumbo que se dan a las actividades y la forma que se aplica la normativa, y las políticas ambientales.

El nivel de satisfacción de las necesidades básicas de los seres humanos está directamente relacionado con el grado de desarrollo que se pueda alcanzar, por lo que brindar soluciones orientadas a mejorar las condiciones de vida de las poblaciones se convierte en pilar de inversión por parte del estado y de entidades privadas (IDEAM, 2018). Generar proyectos que reduzcan significativamente los impactos negativos causados sobre el ambiente es una prioridad. En la actualidad se puede establecer qué nivel mundial los índices de contaminación de los recursos naturales se incrementan cada día, y es por esto que la adecuada planificación control y mitigación de los impactos causados sobre el ambiente, es una parte fundamental en el desarrollo de cualquier actividad humana (ENDESA)

América Latina y el Caribe es una de las regiones que más ha transformado sus ecosistemas naturales y degradado las áreas naturales de su territorio debido al desarrollo de proyectos productivos, que intensifican la explotación de los recursos naturales con modelos de desarrollo que basan su crecimiento en la extracción de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de su población (UNAM, 2010). En la actualidad es necesario dar gran importancia a la gestión y aprovechamiento de los recursos naturales para un adecuado desarrollo social y económico de la región. En Colombia las políticas ambientales que regulan la explotación y/o

uso de los recursos naturales son amplias, sin embargo, la puesta en marcha de esta normativa tiene diferentes obstáculos que hacen que dichas políticas, normas o leyes, no se logren llevar a cabo en todo el territorio nacional, ni con la importancia que se requiere, para garantizar la conservación de los recursos naturales en el ámbito del desarrollo sostenible. Los entes gubernamentales así mismo como todos los ciudadanos comunes deben velar por el adecuado uso de los recursos naturales, así mismo como el cuidado y la preservación de estos mediante la aplicación de las herramientas de planificación y ordenamiento de las ciudades y el territorio en general.

El presente informe pretende dar a conocer los resultados obtenidos tras la realización de la pasantía desarrollada dentro de la empresa P&S ASOCIADOS S.A.S con domicilio en la ciudad de Tunja, de Boyacá, cuyo principal objetivo fue apoyar como auxiliar de ingeniera el desarrollo de actividades relacionadas a la ingeniería ambiental y a las relacionadas con la actividad económica de la empresa. El desarrollo de esta pasantía se enmarco en un contrato laboral, el cual a su vez describe actividades puntuales de las cuales se resalta el apoyo a la realización de estudios hidrológicos e hidráulicos y planes de saneamiento y manejo de vertimientos. Igualmente se describen otras actividades complementarias que fortalecen el trabajo en equipo, capacidad para trabajar bajo presión, puntualidad, responsabilidad, entre otras; así como todas las habilidades inherentes a la ingeniería ambiental y la conservación de los recursos naturales.

3 OBJETIVOS

General

- Desempeñar como pasante las labores orientadas al desarrollo de actividades propias de la ingeniería ambiental en la empresa P&S asociados SAS

Específicos:

- Brindar apoyo en las etapas iniciales de los estudios hidrológicos e hidráulicos ejecutados por la empresa.
- Implementar modelos de simulación ambiental para el desarrollo de los proyectos con la ayuda de herramientas computacionales.
- Elaborar documentos técnicos relacionados a las actividades propias de la ingeniería ambiental.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONCEPTUAL

Ingeniería ambiental: Rama de estudio de la ingeniería que se encarga del diseño y aplicación de tecnologías y metodologías orientadas a controlar, mitigar, compensar los impactos causados por acciones antropológicas, así mismo por preservar los recursos naturales y los ecosistemas a nivel mundial (Arellano, 2002).

Ciclo Hidrológico: Proceso de circulación del agua entre los diferentes subsistemas de la hidrosfera, en dichos procesos se llevan a cabo diferentes procesos y reacciones químicas que permiten el cambio de estado del agua y su desplazamiento de un lugar a otro (Bateman, 2007)

Hidrología: Rama de la geofísica que estudia el origen, distribución, movimiento, propiedades e influencia del agua en la tierra, se relaciona con la planificación, diseño y puesta en marcha de obras de Ingeniería y ciencias afines, para el uso, aprovechamiento y control del agua (Ven T Chow *et all*, 1994).

Cuenca hidrográfica: Es una zona terrestre delimitada topográficamente definida por un sistema hídrico, en el cual el sistema de corrientes drena hacia un mismo punto de salida, su corriente principal conduce caudales producidos en el área a un sistema de drenaje mayor (rio, océano) (Arellano, 2002).

Balance hídrico: Es el método por el cual se realiza la aplicación de la ecuación de continuidad en una cuenca, en la cual se analiza la entrada y salida de agua en un tiempo determinado mediante la cuantificación de variables como la precipitación, temperatura, escorrentía, evapotranspiración entre otras (Ordoñez, 2012).

Río: Se define como un sistema activo y dinámico en el que fluye agua y sedimentos y que son parte fundamental en los procesos biológicos de la tierra, funcionan como redes de recolección y drenaje de las cuencas hidrográficas (Arellano, 2002).

Estudio Hidrológico: Se cataloga como un documento que representa las condiciones hidrometeorológicas de la zona de estudio, a partir del análisis del comportamiento del ciclo

hídrico dentro de la unidad hidrográfica, esto se puede representar directamente en el concepto de balance hídrico el cual es una forma muy importante de estimar la cantidad de agua que puede presentar en un área definida en un periodo de tiempo determinado (MADS, 2010).

Estudio hidráulico: consiste en determinar el comportamiento hidráulico de los cauces a su paso por la zona objeto de estudio, de modo que se compruebe la idoneidad de la sección del cauce en cada uno de las actividades proyectadas a realizar (MADS, 2010).

Modelo de Calidad de agua: Es una herramienta computacional la cual mediante modelos matemáticos permite establecer el comportamiento de las sustancias que se vierten al agua, gracias a estos modelos se puede conservar la calidad del recurso hídrico y establecer la magnitud de los impactos causados específicamente por vertimientos (Hernández Vázquez, 2014)

Curvas Intensidad Duración Frecuencia: La Curva Intensidad Duración Frecuencia, representa la intensidad producida por un evento de precipitación máxima que se expresa en mm/hla cual se analiza en un periodo de tiempo o duración (D) determinada, mediante el periodo de retorno se estima la probabilidad de ocurrencia o la frecuencia expresada en años (IDEAM, Portal IDEAM, s.f.)

Hidrogramas: Es la representación gráfica de la variación en el tiempo que presenta el caudal de una corriente. El área bajo la curva que se presenta en el hidrograma corresponde al volumen de caudal que ha pasado en el punto de análisis en el tiempo que se representa en la grafica (Cherequen Moran)

Hietogramas: Grafico de barras en el que se establece o representa el comportamiento de la intensidad de la presencia de un evento de lluvia en una cuenca hidrográfica en relación con el tiempo, permite cuantificar el volumen de lluvia en una zona determinada (Cherequen Moran).

Escorrentía: La escorrentía total describe el caudal que se puede generar en la cuenca hidrográfica resultado de un evento de precipitación y la saturación del suelo , y que por redes de drenaje van a alimentar la fuente hídrica o red de drenaje principal. (Aparicio, 1989)

Infiltración: La infiltración es una forma de salida del agua, sucede cuando esta que procede de precipitaciones o de reservas presentes en una área, inicia un proceso de descenso por los

diferentes horizontes del suelo, alcanzando profundidades que dependen de la capacidad de infiltración del suelo, cuando ocurre un evento de precipitación la infiltración suele ser mayor en los primeros momentos y suele ir disminuyendo con el paso del tiempo hasta obtener valores que son más bajos que los iniciales (APARICIO,2008).

Precipitación efectiva: Se define como la parte de la precipitación que se infiltra en el suelo pero no se pierde por escorrentía ni infiltración profunda, generalmente permanece en los primeros horizontes del suelo a disposición de las plantas (SURENDRA KUMAR MISHRA & VIJAY P. SINGH , 2003)

Evapotranspiración: Es la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera a través de procesos de evaporación y la transpiración de las plantas, este proceso está muy relacionado con el comportamiento de las variables climáticas temperatura y precipitación (APARICIO,2008)

Soil conservation service : El método de Soil conservation service es un método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), en el cual se busca determinar la escorrentía directa generada por un evento de lluvia, esta herramienta de modelación hidrológica y ambiental es una de las más reconocidas y utilizadas en el campo de la hidrología (SURENDRA KUMAR MISHRA & VIJAY P. SINGH , 2003)

Plan de Saneamiento y manejo de Vertimientos: Herramienta y/o instrumento de manejo ambiental en el cual se plasman los programas, actividades, metodologías, referentes a los procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los vertimientos de tipo sanitarios y pluviales, para dar cumplimiento a los objetivos de calidad de las fuentes hídricas y normativa legal vigente (CAR, s.f.)

ArcGIS: Software diseñado por la Enviromental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar en el área de los sistemas de información geográfica , En la última década se han incorporado avances tecnológicos al programa lo que ha permitido posicionarse como una herramienta a nivel mundial de gran impacto para el desarrollo de estudios geográficos que permitan realizar avances científicos, de investigación y/o académicos. (Vicente y Behm, 2008).

Hec HMS: este softaware permite llevar a cabo la simulación de proceso de lluvia y escurrimiento de un área de estudio, donde a partir de datos históricos de precipitaciones máximas y las condiciones geomorfológicas de la cuenca se busca determinar las escenarios

máximos para los periodos de diseño determinados para cada tipo de proyecto , con el fin de tomar decisiones frente a la creación de alternativas que busquen evitar, mitigar y controlar impactos negativos por el uso del recurso hídrico al medio ambiente(US Army Corps of Engineers, 2010).

Modelo Qal2k: software especializado en realizar un proceso de modelación unidimensional en el cual el cauce del caudal se puede considerar que presenta características de excelente mezcla, a través de este se pueden simular parámetros como los sólidos suspendidos totales, DBO lenta y rápida, Nitrógeno Orgánico disuelto, Nitrógeno amoniacal, conductividad, caudal, temperatura, patógenos, alcalinidad entre otros, esto depende de la disponibilidad de datos con la que se cuente a partir del desarrollo de las pruebas de laboratorio e in situ en la determinación de las características fisicoquímicas de la fuente hídrica (Mirela 2016).

Hec-Ras: Este modelo fue desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE. UU. Compuesto por interfase gráfica de usuario que facilita las labores de reproceso y postproceso de la modelación hidráulica, así como la extensión HEC-GeoRAS que permite el intercambio de información con el sistema de información geográfica ArcGIS para facilitar el análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre. (Engineers, 2009).

4.2 MARCO CONTEXTUAL



Ilustración 1: Logotipo PYS Asociados s.a.s

PYS Asociados es una empresa de consultoría ambiental ubicada en la ciudad de Tunja que brinda los siguientes servicios de ingeniería:

1. Consultoría en el área de saneamiento básico, acueductos y alcantarillados
2. Sistemas de tratamientos de agua de Consumo y aguas residuales
3. Diseños de redes hidrosanitarias para edificaciones
4. Redes contra incendios
5. Redes de gas
6. Obras de drenaje en vías

A partir de la misión establecida por la empresa la cual se basa en los ejes de mejoramiento de calidad de vida y optimización de los recursos naturales se llevan a cabo proyectos con enfoques hidrológicos, hidráulicos y estructurales, que promuevan el desarrollo de la región siempre brindando productos y servicios con la mejor calidad. La empresa a través de su actividad comercial busca satisfacer las expectativas de los clientes, colaboradores y proveedores para lograr resultados satisfactorios.

Esta empresa brinda el espacio para que estudiantes con perfiles relacionados a las ramas de la ingeniería desarrollen prácticas profesionales en sus instalaciones y se conviertan en un apoyo dentro de las actividades que se llevan a cabo. Las actividades realizadas se enfocaron en el apoyo al área de estudios hidrológicos e hidráulicos como ingeniera auxiliar y como enfoque adicional la presentación a procesos de licitación pública.

El desarrollo de la opción de grado, pasantía brinda un enlace inicial y permanente entre los conceptos y conocimientos adquiridos en la educación superior, con la vida laboral, permitiendo al pasante apoyar las actividades propias de la empresa las cuales se basan en la planificación de proyectos de gestión de los recursos naturales en todo el territorio nacional, además de afianzar los conocimientos adquiridos mediante la práctica profesional y ampliar los escenarios para la creación de nuevas alternativas que permitan mejorar las condiciones medioambientales.

4.3 MARCO TEORICO

4.3.1 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es una forma muy importante de estimar la cantidad de agua que puede presentar en un área definida en un periodo de tiempo determinado. A través del uso de un método numérico se comparan las entradas hídricas a la cuenca frente a las posibles salidas, todo parte de un análisis de las condiciones geomorfológicas y climáticas de la zona de estudio y la determinación de la variable precipitación como un dato fundamental para la ejecución del balance hídrico, el cual es el de aportar la información necesaria frente al comportamiento del ciclo hidrológico en un área definida, esta información es muy valiosa en el momento de tomar decisiones para el aprovechamiento de este recurso (Botey, 2013)

La ecuación fundamental para un balance hídrico es la suma de las entradas menos la suma de las salidas, igual al cambio de almacenamiento en un sistema:

$$\sigma \text{ Entradas} - \sigma \text{ Salidas} = \Delta(\text{Almacenamiento})$$

La ecuación de balance hídrico es de gran importancia y utilidad en cualquier zona o cualquier cuerpo de agua donde se cuente con la clara identificación de los registros de las variables de entrada como la Precipitación, las aguas subterráneas y superficiales y las variables de salida como las corrientes superficiales y subterráneas del sistema, en relación con los volúmenes de almacenamiento.

$$P + Q_{sI} + Q_{uI} - E - Q_{s0} - Q_{u0} - \Delta S - v = 0$$

SCS Método Soil Conservation Service 1972. El método de Soil conservation service es un método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), en el cual se busca determinar la escorrentía directa generada por un evento de lluvia, en el cual se

parte del principio que después del inicio del evento de precipitación se genera una abstracción (S) a partir de la profundidad (Fa) .esta herramienta de modelación hidrológica y ambiental es una de las más reconocidas y utilizadas en el campo de la hidrología. (Ven T Chow *et all*, 1994).

Precipitación: La precipitación se considera en el balance hídrico como una fuente importante de datos de entrada al sistema a partir de esta se calcula la precipitación efectiva de la siguiente manera:

$$Pe = \frac{(P - I_o)^2}{P - I_s + S}$$

$$I_a = 0,2S \quad Pe = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

Evapotranspiración

Se determina a partir del método de Thornthwaite el cual resalta las medidas o parámetros necesarios para la ejecución es la temperatura y otros datos alternos la latitud respecto al número teórico de horas del sol (Botey, 2013).

$$ETP \text{ sin corregir} = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} * I^3 - 7,71 \times 10^{-5} * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

Corrección según el número de días del mes y el número de horas del sol

$$ETP \text{ sin corregir} = ETP \text{ sin corregir} \frac{N}{12} \frac{d}{30}$$

Infiltración: La infiltración es una forma de salida del agua, sucede cuando esta que procede de precipitaciones o de reservas presentes en una área, inicia un proceso de descenso por los diferentes horizontes del suelo, alcanzando profundidades que dependen de la capacidad de infiltración del suelo, cuando ocurre un evento de precipitación la infiltración suele ser mayor en los primeros momentos y suele ir disminuyendo con el paso del tiempo hasta obtener valores que son más bajos que los iniciales (Aparicio,2008).

$$Infiltración = Precipitación\ media(mm) - precipitación\ efectiva(mm)$$

Reserva de Humedad Inicial: Hace referencia al dato que representa la cantidad de humedad antecedente al mes anterior, depende directamente de las características físicas y geomorfológicas del suelo del área de estudio para este caso se tomó la humedad inicial con un valor de 100

Reserva de Humedad Final: Se determina estableciendo condicionales (Si la Reserva de humedad inicial + Infiltración- Evapotranspiración el resultado es mayor o igual se determina como un valor verdadero 100, de no ser así se establece el valor de la formula negativo (Si la Reserva de humedad inicial + Infiltración- Evapotranspiración el resultado es menor a 0 entonces el valor será 0, de no cumplirse ninguna se establece el cálculo normal.

$$RHi + I - ETP \geq 100. = 100$$

$$RHi + I - ETP \leq 0. = 0$$

Percolación: Si la infiltración - La abstracción entre la diferencia de humedades + la evapotranspiración es menor a 0 el resultado será 0 y de no cumplirse se aplica la formula inicial.

Escorrentía Subterránea: Esta se determina A partir de los antecedentes del mes anterior para este caso el dato antecedente, como semilla por otra parte se aplica la siguiente fórmula para los días de cada mes (Para hallar el primer valor de cada mes se tiene en cuenta la escorrentía del último día del mes anterior)

$$Escorrentia\ subterranea = Esc\ Sub\ dia\ anterior * 0,99 + percolación * (1 - 0,99)$$

Escorrentía Total: La escorrentía total describe el caudal que se puede generar en la zona de estudio, y que por redes de drenaje van a alimentar la fuente hídrica. Se determina a través de la aplicación de la ecuación 11

$$Escorrentia\ Total = Precipitación\ efectiva + escorrentia\ subterranea$$

Numero de curva: El número de curva es un parámetro hidrológico que permite caracterizar el potencial de escorrentía en un área de estudio delimitada y se determina a partir de características físicas de la cuenca como el tipo de suelo, la densidad y el tratamiento de las coberturas, y un parámetro fundamental que se denomina grupo hidrológico del suelo, existen tres categorizaciones para clasificar el grupo hidrológico del suelo:

- Grupo a: Característicos de suelos arenosos, donde el suelo permite el tránsito de agua libremente a través del perfil y por ende tienen un bajo potencial de escorrentía cuando se encuentran en estado de humedad.
- Grupo b: Presencia de suelos s con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas que contienen un potencial de escorrentía moderadamente bajo cuando están completamente húmedos.
- Grupo c: suelos con una capa que limita directamente al movimiento vertical del agua y texturas de moderadamente finas a finas. El potencial de escorrentía es moderadamente alto cuando están totalmente húmedos.

- Grupo d: son suelos con texturas arcillosas que se encuentran asentados sobre materiales impermeables presentan un alto potencial de escorrentía. (Ruiz, Arteaga, Vázquez, Montiveros, Lopez, 2012)

Teniendo en cuenta los anteriores factores y las áreas que presentan dentro de la zona de estudio se establece un valor para el numero de curva a partir de las tablas “*Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana*” (Gálvez Ordoñez, 2011), donde se referencia los antecedentes de humedad a partir de las siguientes ecuaciones:

$$S = \frac{1,000}{CN} - 10$$

$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ } CN(II)}{10 - 0,058 \text{ } CN(II)} \quad CN(III) = \frac{23 \text{ } CN(II)}{10 + 0,13 \text{ } CN(II)}$$

Tabla 1. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $la=0.2s$)

Descripción uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada:	sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos:	condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
	óptimas condiciones:	39	61	74	80

	cubierta de pasto en el 75% o más				
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial:					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acres o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
	Pavimentos con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: Ven T Chow et al, 1994

IDF - Curva De Intensidad, Duración Y Frecuencia

Las curvas de intensidad, duración, y frecuencia, son un elemento fundamental en los procesos de diseño y la construcción de obras de tipo hidráulico y análisis hidrológicos de una cuenca hidrográfica (Acosta & Aponte, 2013). La estimación de curvas IDF se lleva a cabo por el método de curvas sintéticas regionalizadas para Colombia el cual es un método de estimación sintético basado en el escaso nivel espacial y registro pluviógrafo de Colombia.

se definen como parámetros de ajuste de regresión los cuales dependen de una clasificación regional ya preestablecida por Díaz-Granados y Vargas.

El método consiste en una regionalización del país creada por Velez (1993), y divide el país en 5 regiones a las cuales se les asigna un valor a los coeficientes a,b,c,d dependiendo la ubicación dentro del país.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0,94	0,18	0,66	0,83
Caribe (R2)	24,85	0,22	0,50	0,10
Pacífico (R3)	13,92	0,19	0,58	0,20
Orinoquia (R4)	5,53	0,17	0,63	0,42

Tabla 2: coeficientes regionalizados (vargas y granados 1998)

4.3.2 TRANSPOSICIÓN DE CAUDALES

Este método se emplea principalmente con parámetros adimensionales que tengan variables a transferir, lo cual está determinado principalmente por relaciones que incluyen la escurrentía y el área de la cuenca, este método transfiere información y genera una relación entre el área, caudales y precipitaciones de la cuenca. Se aplica en cuencas donde cuente con registros de caudales y en zonas donde no se cuente con estos datos (Vías, 2009) , considerando que las precipitaciones son homogéneas se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$Q_s = Q_c \left(\frac{A_s}{A_c} \right)^n$$

Q_s = caudal de la cuenca sin información (m³ /s).

Q_c = caudal de la cuenca con información (m³ /s).

A_s = Área de la cuenca sin información (km²)

A_c = Área de la cuenca con información (km²)

n = Coeficiente de calibración generalmente se usa 0,5

4.3.3 SIMULACIÓN HEC HMS

El modelo computacional HEC-HMS es un software que permite la simulación de la escorrentía superficial en una corriente de agua y su respuesta a la presencia de un evento de precipitación y que se establece como un sistema interconectado por componentes de tipo hidrológicos e hidráulicos. Cada componente se modela como un aspecto del proceso precipitación - escorrentía dentro de una porción de la cuenca hidrográfica denominadas subcuencas. El resultado del proceso de modelación es la representación gráfica y numérica de los hidrogramas de creciente en puntos determinados de la cuenca hidrográfica (comunicaciones, 2008)

Para el desarrollo del modelo es necesario la aplicación de las siguientes formulas que garantizan a obtención de los valores de entrada al modelo Hec hms para cada una de las subcuencas que se establecen dentro de la cuenca hidrográfica ya que el modelo las requiere de manera individual.

Tv = tiempo de viaje en horas

$$Tv = 0,3 \left(\frac{l}{j^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Donde:

J= pendiente del cauce

L = longitud del cauce km

Tiempo de concentración (Tc)

El tiempo de concentración, Tc, se calculó de acuerdo con la metodología de Temez expresada mediante la siguiente formula:

$$T_c = 0,3 * (L)/(So^{0.25})^{0.76}$$

Donde:

T_C: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en h.

L: Longitud del cauce principal, en km.

So: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en m/m.

Tiempo de retraso (t_{lag})

$$T_{lag} = 0.35 * T_c$$

Donde

T_c= Tiempo de concentración

Método de Muskingum

X: En corrientes naturales,

X se encuentra entre 0 y 0.3 con un valor medio cercano a 0.2

Tiempo de tránsito de una onda de creciente a través del tramo de canal.

$$K = 0,6 * t_v$$

Donde:

T_v; tiempo de viaje (h)

4.3.4 SIMULACIÓN HEC RAS

Hec ras es un modelo que permite realizar una simulación de las características de las alturas de las láminas de agua, manchas de inundación, que pueden presentarse cuando ocurren eventos extremos o se presentan los caudales máximos proyectados a un periodo de diseño o retorno, generalmente se realiza en el desarrollo de proyectos hidráulicos que buscan defenderse de los posibles comportamientos máximos del agua y que pueden afectar el funcionamiento, estado y calidad de las obras hidráulicas (Osorio, 2016). Mediante un preprocesamiento en softwares auxiliares como ArcGIS o AutoCAD civil 3d se pueden establecer características propias detalladas como la geometría y características de las secciones en detalle del río a partir de herramientas como un modelo de elevación digital o Topo batimetrías del cauce, (Bladé, 2009).

HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional de dominio público. La herramienta HEC-RAS es un programa que cuenta con diferentes componentes que ayudan con la comprensión y análisis de diferentes cauces, este programa cuenta con cálculos internos tales como, Cálculos del perfil de la superficie del agua de flujo constante, simulación de flujos bidimensionales y unidimensionales, análisis de transporte de sedimentos en los límites móviles y análisis de calidad de agua, todo esto bajo unos parámetros de entrada que el programa requiere para su funcionamiento, donde pide caudales, elevación, y geometría en general del programa (EEUU, 2020).

Datos de entrada al modelo:

- Modelo de elevación digital de la cuenca hidrográfica
- caudales máximos para los periodos de diseño a analizar
- Coeficientes de Manning
- Secciones transversales del tramo a analizar del cuerpo hídrico

- Pendiente del cauce

4.3.5 MODELO DE CALIDAD

La calidad en el agua es un tema de gran importancia debido a las consecuencias que tiene esto en la vida en general, en esta clase de temas se relacionan variables que tienen que ver con el consumo, uso y manejo del recurso hídrico, pero además de esto se evalúan parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para llevar a cabo el modelo de calidad de agua se usa el programa Qal2k el cual es un software especializado en realizar un proceso de modelación unidimensional en el cual el cauce del caudal se puede considerar que presenta características de excelente mezcla, a través de este se pueden simular parámetros como los sólidos suspendidos totales, DBO lenta y rápida, Nitrógeno Orgánico disuelto, Nitrógeno amoniacal, conductividad, caudal, temperatura, patógenos, alcalinidad entre otros, esto depende de la disponibilidad de datos con la que se cuente a partir del desarrollo de las pruebas de laboratorio e in situ en la determinación de las características fisicoquímicas de la fuente hídrica (Mirela 2016).

El modelo Qalk2k hace uso de una ecuación de balance de masas para la concentración de un constituyente C_i en la columna de agua como se muestra a continuación:

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q_i - I}{V_i} C_i - I - \frac{Q_i}{V_i} C_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} C_i + \frac{E_i - I}{V_i} (C_i - C_i) + \frac{E_i}{V_i} (C_i + I - C_i -) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

Donde Q_i = Caudal en cada tramo i [L/d]

$Q_{ab,i}$ = Caudal captado en el tramo i [L/d]

W_i = Carga externa del constituyente i [mg/d]

V_i = Volumen de cada tramo i

S_i = Fuentes y sumideros del constituyente i debido a reacciones y mecanismos de transferencia de masa [mg/l/día]

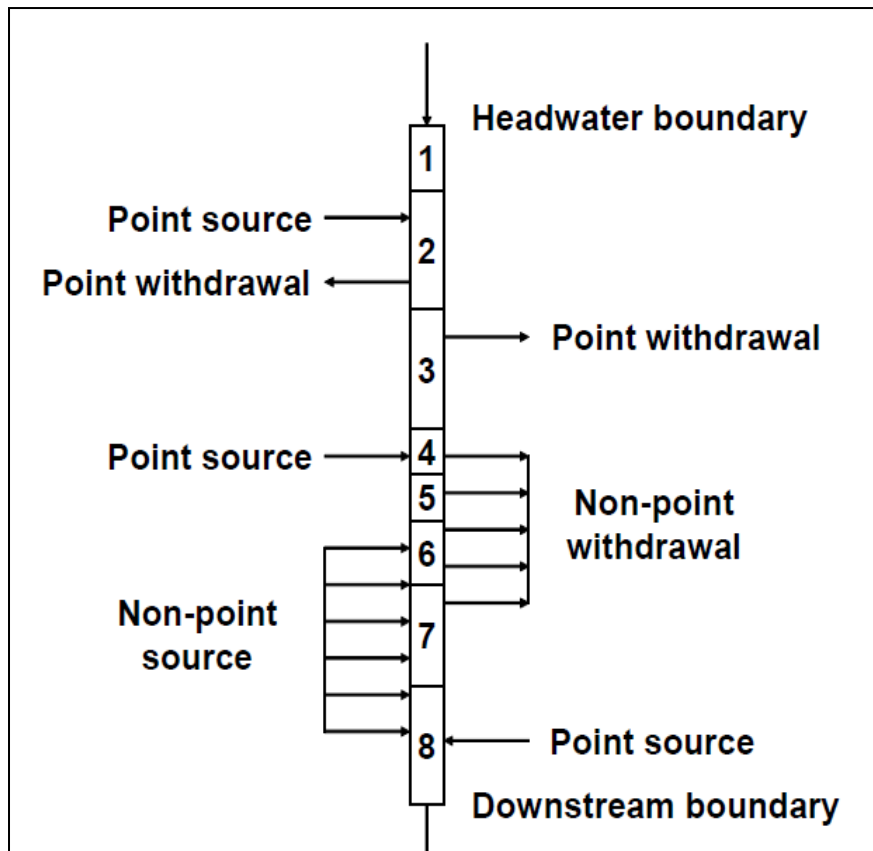
E_i = Coeficiente de dispersión global entre los tramos [L/d],

C_i = Concentración del constituyente i en el tiempo t [mg/l], y t = tiempo [d].

QUAL2K es un modelo unidimensional de calidad de agua el cual representa un río como una serie de tramos (Chapra et al, 2008). Estos representan tramos de río que tienen características hidráulicas constantes (por ejemplo, pendiente, ancho del fondo, etc.).

Los tramos están numerados en orden ascendente a partir de la cabecera del vástago principal del cuerpo de agua. Observe que las fuentes puntuales y no puntuales y los retiros puntuales y no puntuales (abstracciones) se pueden colocar en cualquier lugar a lo largo de la longitud del canal. Ver Figura 1.

Figura 1. Esquema de segmentación QUAL2K para un río sin afluentes.



Fuente: Manual QUAL2K: un marco de modelado para simular la calidad del agua de ríos y arroyos. Steve Chapra, Greg Pelletier y Hua Tao, 2012 p. 9.

Longitud de mezcla

Según La Autoridad Nacional de licencias ambientales (ANLA) define la longitud de mezcla como la zona en el que un volumen de agua en el cuerpo receptor logra la dilución del vertimiento por procesos de carácter dispersivos e hidrodinámicos. Esta área se determina como una zona restrictiva que debe ser menor a 500 metros aguas abajo del vertimiento para captaciones y/o uso de agua en este tramo específico. La longitud de mezcla se puede determinar mediante las fórmulas descritas por Ruthven y Fischer.

Ecuaciones Fisher

la ecuación propuesta por Fisher (1979) para establecer la longitud de mezcla en un cauce se relaciona a continuación:

$$Lm = 0.4 * v * \frac{B^2}{E_{lat}}$$

$$E_{lat} = 0.6 * H * v^*$$

Donde

Lm es la distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se mezcla lateralmente.

v : Velocidad Promedio m/s

v^* : Velocidad del agua en el plano de cizalla m/s

B : Ancho Promedio m

H : Profundidad promedio, m

Ecuaciones de Ruthven

Ecuación de tipo semiempírica, que se basa principalmente, en el conocimiento de la velocidad media del cauce, el coeficiente de transporte transversal y el ancho medio del cauce.

$$L_m = \frac{k * U * W^2}{E_y}$$

$$E_y = 0.15 * h * U^*$$

$$U^* = \sqrt{g} * h * S$$

h : Profundidad Promedio

U^* : Velocidad Cortante

U^* : Velocidad Cortante depende de la raíz cuadrada de la pendiente de la línea de energía S , solo en condiciones de régimen uniforme.

4.4 MARCO LEGAL

- Constitución política de Colombia (1991)
- **Ley 09 de 1979:** “Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.”
- **Ley 23 de 1973:** “Por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.”
- **Decreto – Ley 2811 de 1974:** “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”.
- **Decreto 1541 de 1978:** “Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973”.
- **Decreto 1594 de 1984:** “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.”
- **Ley 99 de 1993:** “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.
- **Ley 373 de 1997:** “Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”.
- **Resolución 176 de 2003:** “Por el cual se derogan las resoluciones 59 de 2000 y 79 de 2002; y se establece el nuevo procedimiento de acreditación de laboratorios Ambientales en Colombia”.
- **Resolución 1433 de 2004:** “Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones”.
- **Resolución 2145 de 2005:** “Por la cual se modifica parcialmente la resolución 1433 de 2004 sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos, PSMV”.

- **Decreto 4742 de 2005:** “Por el cual se modifica el Art. 12 del Decreto 155 de 2004, mediante el cual se reglamenta el Art. 43 de la ley 99 de 1993 sobre la tasa de utilización de aguas”.
- **Resolución 2202 de 2005:** “Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de Solicitud de Trámites Ambientales”.
- **Decreto 1323 de 2007:** por la cual se crea el “Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH)”
- **Decreto 1575 de 2007:** “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.
- **Decreto 3930 de 2010:** “Por el cual se reglamenta parcialmente, el título 1 de la ley 9 de 1979, así como el capítulo 2 del título 5 – parte 3 – libro 2 del decreto ley 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones”.
- **Decreto 4728 de 2010:** “Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 del 2010”.
- Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010-2022)
- **Decreto 3573 de 2011:** “Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– y se dictan otras disposiciones”.
- **Resolución 955 de 2012:** “Por la cual se adopta el Formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico”.
- **Decreto 1640 de 2012:** “Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones”.
- **Resolución 1514 de 2012:** “Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos”.
- **Decreto 1640 De 2012:** Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
- **Ley 1523 de 2012:** Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones

- **Resolución 1207 de 2014:** “Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas”.
- **Decreto 1807 De 2014:** Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.
- **Resolución 324 de 2015:** “Por la cual se fijan las tarifas para el Cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental y se dictan otras disposiciones”.
- **Decreto 1076 de 2015:** “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.
- **Resolución 0631 del 2015:** Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
- **Resolución 0330 de 2017:** “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.
- Guía Técnica De Criterios Para El Acotamiento De Las Rondas Hídricas En Colombia (Bogotá, 2018)
- **Decreto 2245 De 2017:** "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas"
- **Objetivos de calidad de las fuentes hídricas.**

5 METODOLOGIA DE LA PASANTIA

El desarrollo de la Pasantía en la empresa P& S Asociados S.A.S se llevó a cabo a partir de la implementación de una metodología enfocada al cumplimiento de los objetivos propuestos y a las responsabilidades adquiridas como auxiliar de ingeniería. Se generan métodos de tipo cualitativo y cuantitativo que integran procesos sistemáticos y analíticos para el cumplimiento de las actividades asignadas.

Conforme a los requerimientos y proyectos relacionados con el área de estudios hidrológicos e hidráulicos así mismo como enfoques adicionales desarrollados en la opción de grado dentro de la empresa se establecen las siguientes fases en las que se desarrolla la metodología, dependiendo el eje temático y el área de trabajo.

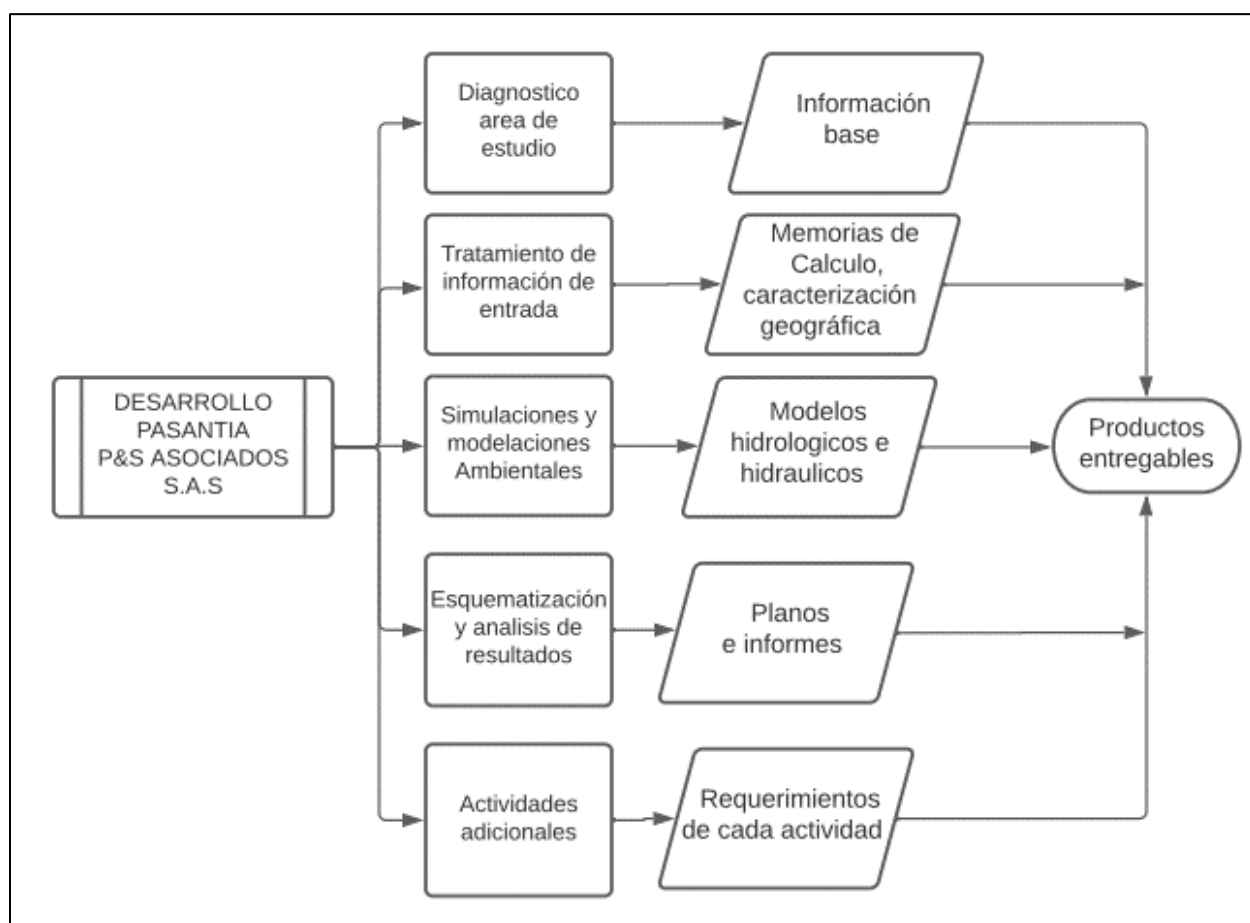


Ilustración 2: Diseño Metodológico pasantía P&S ASOCIADOS S.A.S

FASE	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
<i>Diagnostico Área de estudio.</i>	Etapa inicial de reconocimiento de la zona de estudio, descarga de información hidrometeorológica, y de información geográfica (shapes)	Determinar y obtener la información base para el desarrollo del proyecto.
<i>Tratamiento de Información de entrada</i>	Tratamiento de información hidroclimatológicas, para el desarrollo de metodologías como Balance hídrico, Transposición de caudales entre otras.	Estimar el comportamiento de las variables hidroclimatológicas en la cuenca hidrográfica.
<i>Simulaciones y modelaciones ambientales</i>	Desarrollo de modelos de simulación ambiental como Hec Ras, Hec hms , Qalk2k .	Generar modelos de simulación ambiental según requerimientos de cada proyecto
<i>Esquematización y análisis de resultados</i>	Generación de salidas gráficas, como planos, manchas de inundación e informes finales.	Analizar y esquematizar los resultados obtenidos en las fases anteriores
<i>Actividades adicionales</i>	Apoyo logístico a actividades de: Aforos de Caudal y procesos de licitación ambiental.	Realizar actividades de áreas transversales al área de estudios hidrológicos e hidráulicos.

Tabla 3: Enfoques generales de fases del diseño metodológico.

Insumos requeridos	
Shapes (coberturas, cascos urbanos, veredas etc.) y datos geográficos (coordenadas)	Plataformas Digitales IDEAM, IGAC, SIGOT, etc.
Microsoft Office (Excel, Word, Power Point)	AutoCAD, ArcGIS
Softwares de modelamiento y simulación ambiental (Hec Hms, Hec ras, Qalk2k)	Recursos humanos, Tecnológicos y Financieros.

Tabla 4 : Insumos requeridos Diseño metodológico

Fase 1: Diagnostico área de estudio:

Inicialmente se realiza un reconocimiento del área de estudio en la cual se desarrolla el proyecto, ubicación, características físicas, geomorfológicas de la cuenca, redes de drenaje, requerimientos y tiempos establecidos para la entrega de resultados. En esta fase también se lleva a cabo la recolección de información de interés de la zona, información hidrometeorológica, batimetría, planos existentes entre otros, que se requieran para cumplir los objetivos del proyecto, mediante el proceso de descarga de información de plataformas digitales. **Ilustración 3:** Diagrama fase 1: diagnóstico de área de estudio. **Ilustración 3** representa el diagrama referente a la fase de diagnóstico del área de estudio en la que se evidencia los diferentes procesos y datos recolectados en esta fase.

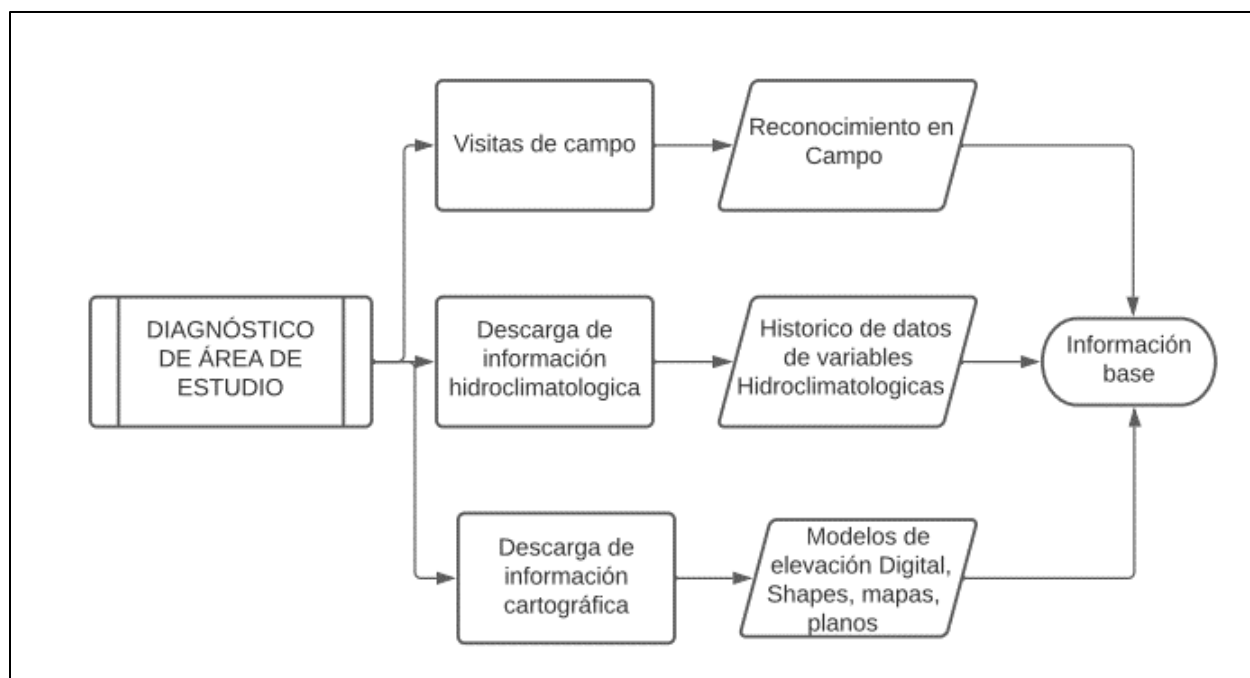


Ilustración 3: Diagrama fase 1: diagnóstico de área de estudio.

Fase 2: Tratamiento de información de entrada: A partir de la información recolectada en la fase anterior se procede a realizar los cálculos requeridos, para estimar el comportamiento de las variables hidroclimatológicas en el área de estudio dichos resultados se plasman inicialmente en archivos denominados “memorias de diseño hidrológico” para cada uno de los proyectos , así mismo se lleva a cabo el procesamiento de la información cartográfica para establecer la delimitación de las cuencas aferentes, el tipo de coberturas entre otros aspectos geográficos que se pueden establecer con la información geográfica base.

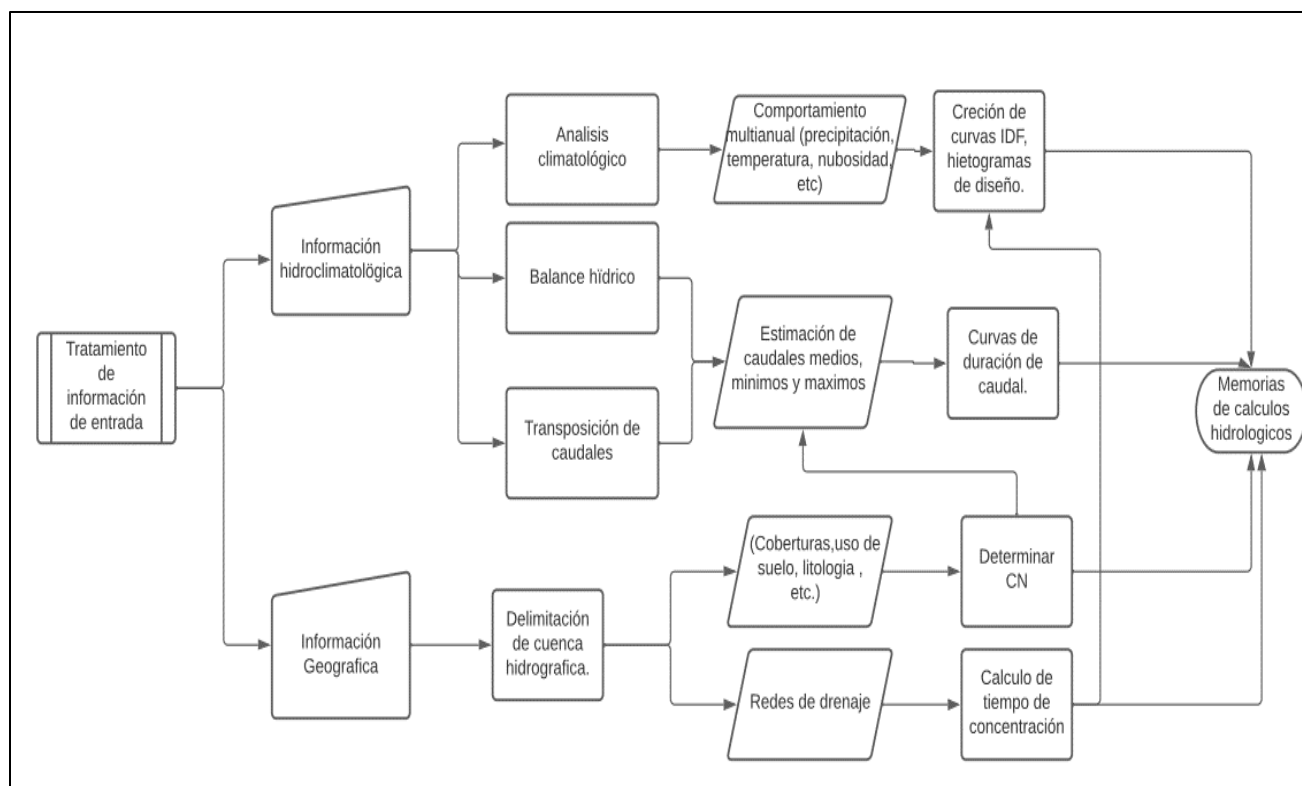


Ilustración 4: Diagrama fase 2: Tratamiento de información de entrada.

Fase 3: Desarrollo de simulaciones y modelaciones ambientales: En esta fase se lleva a cabo la construcción de los modelos y simulaciones en softwares o herramientas computacionales tales como HEC-RAS, HEC HMS, Qal2k, ArcGIS, entre otros, dependiendo el requerimiento del proyecto, y los objetivos trazados. La Ilustración 8, muestra el diagrama de flujo que representa las acciones detalladas para generar los modelos de modelamiento y simulación ambiental, así mismo como la información de entrada y los productos que se obtienen de cada proceso desarrollado.

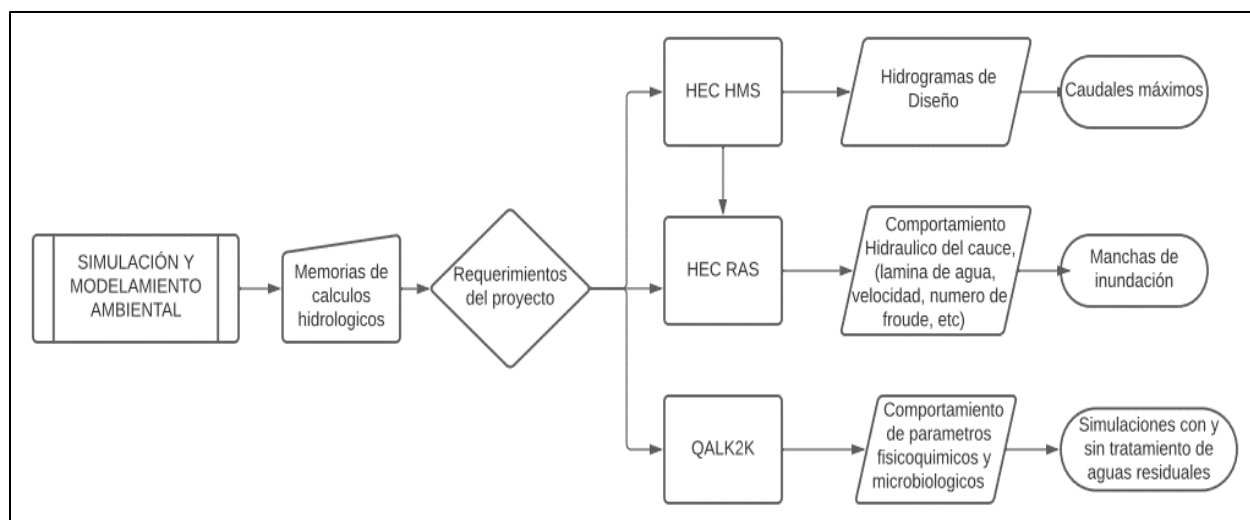


Ilustración 5: Diagrama fase 3, Desarrollo de simulaciones y modelaciones ambientales

Fase 4: Esquematzación y análisis de resultados: En esta fase se lleva a cabo la estructuración del documento final o informe donde se plasman los análisis de los resultados obtenidos en las modelaciones y simulaciones ambientales, los cálculos realizados y plasmados en las “memorias de cálculos hidrológicos” además de la generación de esquemas y salidas graficas (planos) correspondientes, dependiendo de los objetivos del proyecto, los requerimientos del agente contratante, y la normativa legal vigente.

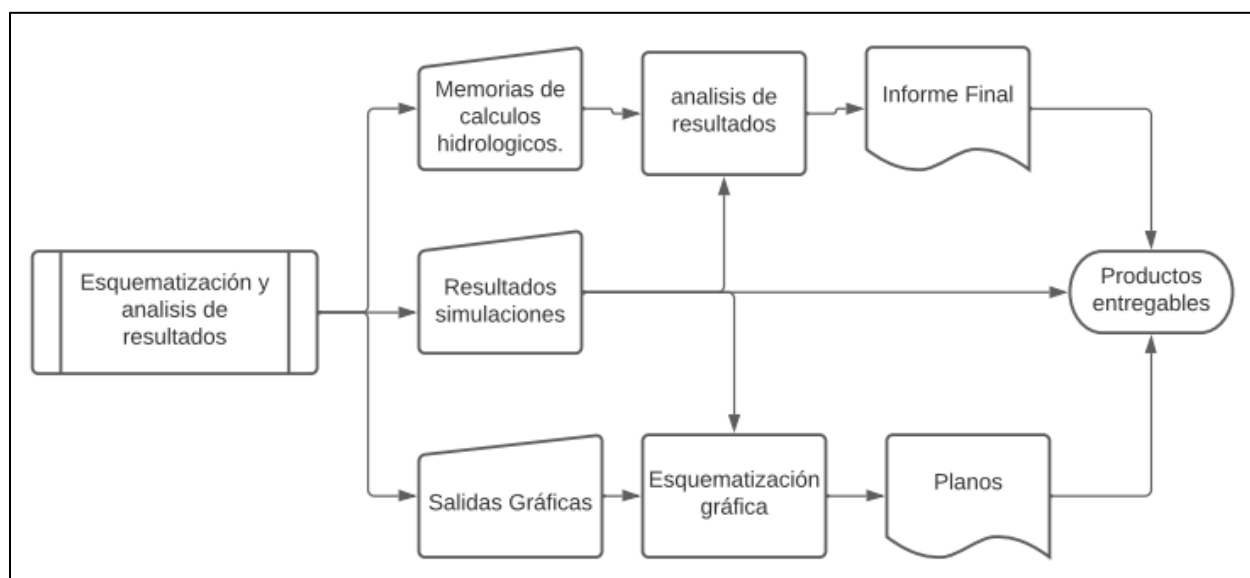


Ilustración 6: Diagrama fase 4, Esquematización y análisis de resultados

Fase 5: Actividades adicionales: En el desarrollo de la opción de Grado Pasantía en la empresa P&S asociados se desarrollaron actividades adicionales que se encuentran en el eje temático de la actividad económica y los servicios que presta la entidad, sin embargo, se encuentran fuera del enfoque de la realización de estudios hidrológicos e hidráulicos. La Ilustración 7 representa el proceso a realizar en las actividades adicionales propuestas por la empresa.

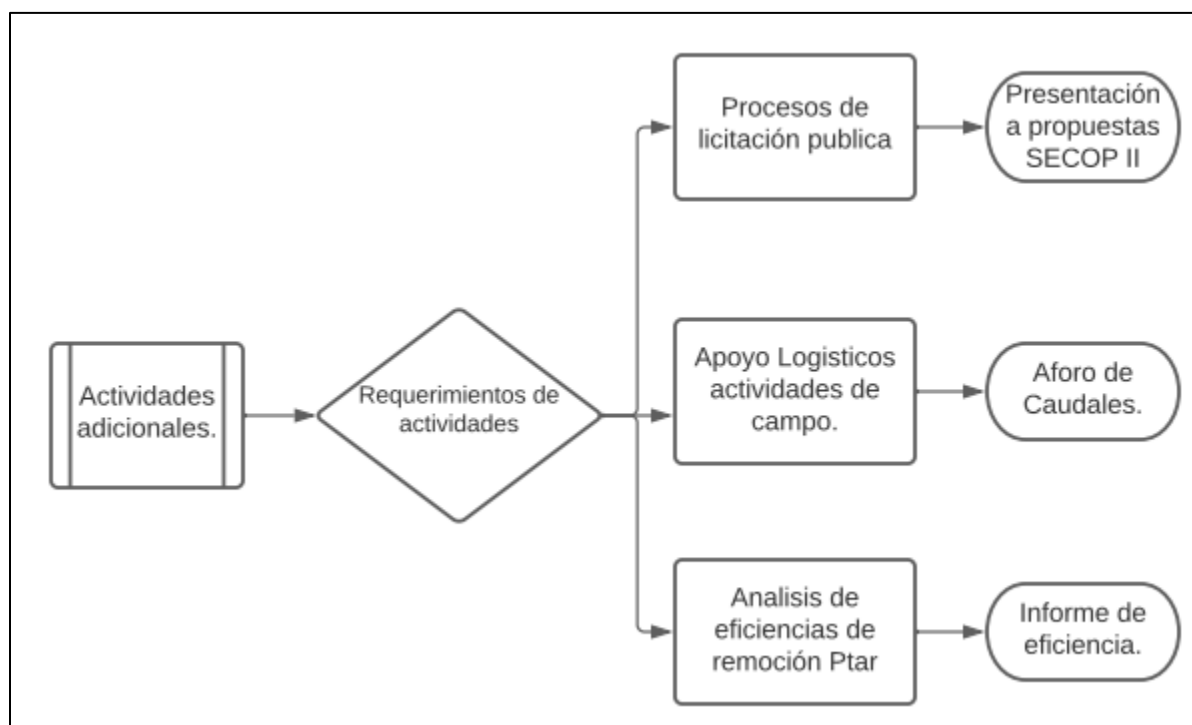


Ilustración 7: Diagrama fase 5, actividades adicionales

6 RESULTADOS

Teniendo en cuenta las actividades propuestas, se estableció el desarrollo de nueve actividades y / o proyectos, a continuación, se relaciona la categorización de cada uno de estos, el nombre y su ubicación.

CATEGORIA	PROYECTO	MUNICIPIO
Psmv	Plan De Saneamiento Y Manejo De Vertimientos Siachoque	Siachoque – Boyacá
	Correcciones Plan De Saneamiento Y Manejo De Vertimientos Iza	Iza – Boyacá
Estudios Hidrológicos E Hidráulicos	Memorias De Cálculos De Diseño Acueducto La Palma Municipio De Villa De Leyva Boyacá- Departamento De Boyacá	Villa De Leyva- Boyacá
	Estudio De Consultoría Para Análisis Hidrológico E Hidráulico Quebrada Mancilla Y Obtención Permiso De Ocupación De Cauce Para Descole De Aguas Lluvias Urbanización San Rafael.	Facatativá- Cundinamarca
	Estudios Y Diseños Para La Renovación Y Mejoramiento De La Vía Samacá – Guachetá Sector Escuela Firita Peña Arriba Mediante La Construcción De Puente Vehicular. Componentes Hidrológico E Hidráulico.	Samacá-Boyacá
Actividades Adicionales	Consultoría Para La Realización De Estudios Y Diseños Optimización Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Municipio De Jenesano	Jenesano- Boyacá

	Eficiencias De Remoción De Contaminantes En Las Unidades De Tratamiento	
	Proceso De Licitación Publica	Funza- Cundinamarca
	Proceso De Licitación Publica	Socorro- Santander
	Apoyo Logístico Aforos De Caudal Empoduitama	Duitama- Boyacá

Tabla 5: Proyectos desarrollados pasantía P&S asociados.

DIAGNÓSTICO DE ÁREA DE ESTUDIO

Los resultados obtenidos en esta fase del desarrollo de la Pasantía en la empresa P&S ASOCIADOS S.A.S es de gran importancia puesto que constituye la recolección inicial de la información y características del área de estudio. A partir de la información inicial se podrá determinar la calidad de las siguientes fases de trabajo y del resultado final, además de ser la etapa inicial de todos los proyectos se categoriza como la ruta a seguir dependiendo la determinación de objetivos del proyecto, requerimientos generales y tiempos de entrega.

- **Reconocimiento En Campo**

Estas actividades están condicionadas por la disponibilidad y accesibilidad para realizar visitas de campo y establecer condiciones como la ubicación geográfica del proyecto, condiciones de coberturas de suelos, redes de drenajes, requerimientos y objetivos del proyecto, así mismo como las interacciones del proyecto con aspectos sociales, políticos y económicos. La

Ilustración 8 representa el desarrollo de una visita de campo a las estructuras hidráulicas del acueducto comunitario La Palma ubicado en el municipio de Villa de Leyva- Boyacá.



Ilustración 8: Visita de Campo acueducto La Palma - Villa De Leyva

- **Descarga Información Hidrometeorologica**

La información hidrometeorologica necesaria para realizar los estudios hidrologicos se obtienen a partir de la descarga de los datos registrados por las estaciones del IDEAM y de algunas corporaciones autonomas regionales como la CAR Cundinamarca, las cuales de manera digital tienen a disposicion de los usuarios, el historico de registros desde la fecha de instalación de la estación y hasta la actualidad o fecha de suspensión de la misma. A nivel colombia es posible obtener información de variables hidrometeorologicas como precipitación, temperatura, nubosidad, brillo solar, caudal entre otros, dependiendo la categorización de la estación.

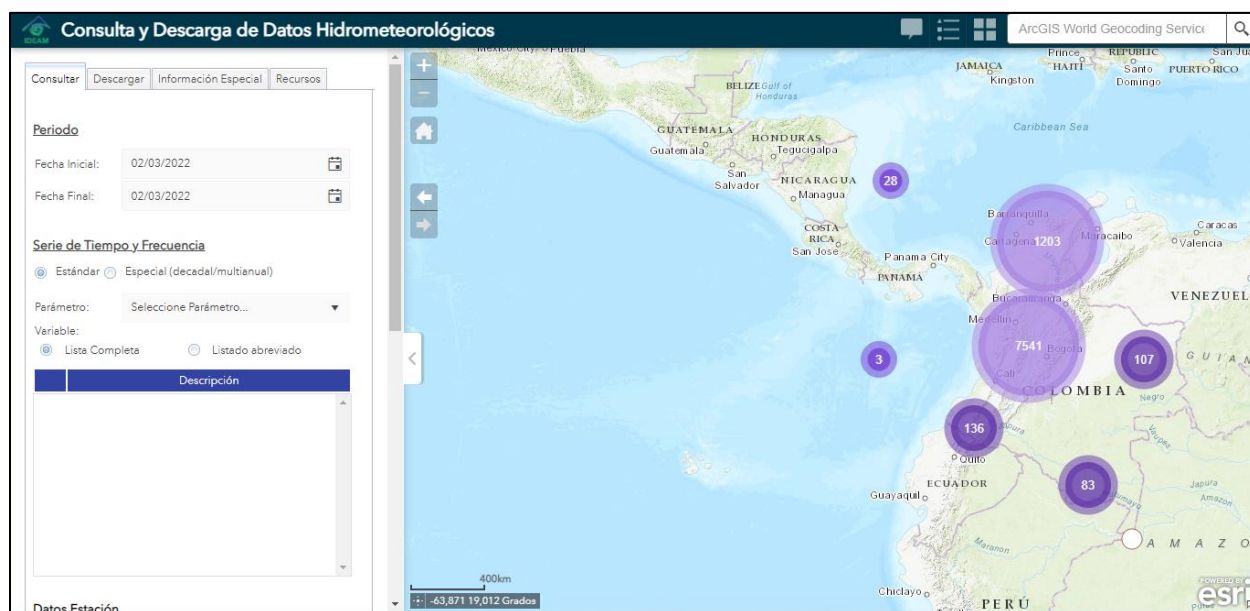


Ilustración 9: Plataforma de descarga de datos hidrometeorológicas, IDEAM.

La Tabla 6 muestra las estaciones de las cuales se descargó la información hidrometeorológica para el desarrollo de las actividades propuestas, en la tabla se relaciona la ubicación y características de nomenclatura del catálogo de estaciones del IDEAM y de las corporaciones autónomas regionales como el código y su categoría. Para el proceso de establecer las estaciones seleccionadas para descargar la información se tuvo en cuenta que contara con información completa de un intervalo de tiempo mínimo de 20 años, así mismo como que en el momento de la consulta se encontrara activa.

Código	Tipo	Nombre de Estación	Departamento	Nombre municipio	Coordenadas		Elevación (msnm)
					Latitud N	Longitud O	
24015220	CP	Villa Carmen	Boyacá	Samacá	5.509	-73.495	2600
35070020	PM	Ventaquemada	Boyacá	Ventaquemada	5.383	-73.60	2630
2120629	CP	Venecia	Cundinamarca	Facatativá	4.84	-74.39	2686
21201070	PM	Corazón EL	Cundinamarca	Facatativá	4.87	-74.29	2845
24030420	PM	Pila La Finca	Boyacá	Soracá	5,51	-73,31	2873
24035130	CP	UPTC	Boyacá	Tunja	5,54	-73,36	2690
PM: Estación Pluviométrica				CP: Estación Climatológica Principal			

Tabla 6: Estaciones hidrometeorológicas, Descarga de información.

- **Descarga de información cartográfica y geográfica.**

Para la obtención de la información geográfica y cartográfica de la zona de estudio de cada proyecto se hace uso de plataformas de acceso libre como ASF Alaska Vertex, de la cual se realiza la descarga de modelos de elevación digital como se muestra en la **Ilustración 10**. La descarga de shapex y capas de coberturas de suelos, división territorial, entre otras datos agroecológicos, cartográficos y geográficos se obtienen a partir de la plataforma digital del Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

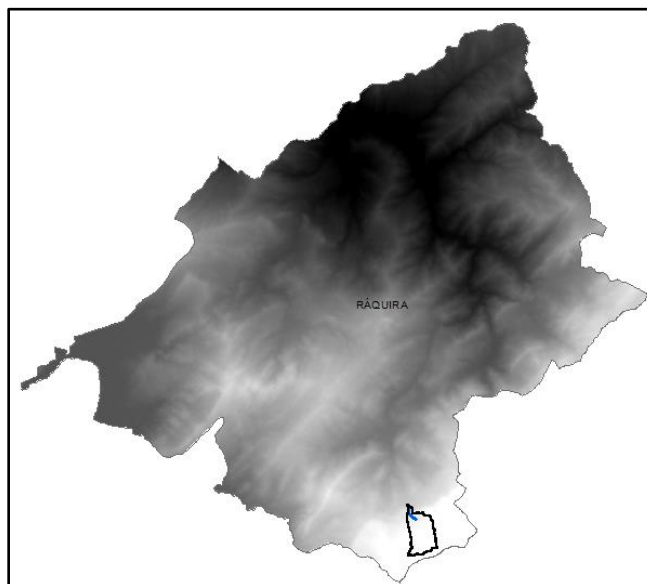


Ilustración 10: Superficie DEM (Ráster), formación de drenaje y cierre de cuenca quebrada Pajonal en punto de interés

Fuente: P&S Asociados S.A.S- Plataforma De Descarga. Asf Alaska Vertex.

TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN DE ENTRADA

- **Información Hidroclimatológicas.**

A partir de la información hidroclimatológicas descargada y recolectada de las plataformas gubernamentales, y con la ayuda de programas auxiliares como Microsoft Excel, se lleva a cabo la organización de datos históricos multianuales para determinar el comportamiento de las variables climatológicas en la zona de estudio.

El análisis de variabilidad climatológica representa mediante gráficos de barras el comportamiento medio a nivel mensual multianual registrado en la cuenca hidrográfica, para variables como la temperatura, nubosidad, evaporación, brillo solar, entre otras y cuyos análisis se recomienda cuenten con información mayor a 15 años, es decir que el intervalo de tiempo establecido para hacer el análisis sea un periodo de tiempo representativo y cuente en lo posible con información completa y de frecuencia diaria preferiblemente.

Mes	Temperatura (°C)	Evaporación (mm)	Humedad Relativa (%)	Rad. Solar (cal/cm²)	Evapotrans- piración (mm)
Enero	12,5	82,7	179,3	72,7	68,5
Febrero	12,7	82,6	146,9	73,6	67,5
Marzo	12,9	85,3	133,9	79,4	72,0
Abril	13,0	85,1	118,8	72,0	70,9
Mayo	13,1	84,2	121,8	66,3	87,5
Junio	12,9	81,4	129,8	69,2	78,5
Julio	12,2	80,6	138,5	69,4	67,4
Agosto	12,1	79,7	153,8	73,0	77,1
Septiembre	12,4	80,0	148,4	79,9	89,6
Octubre	12,5	81,9	148,4	72,7	81,1
Noviembre	12,3	85,6	140,2	62,3	77,0
Diciembre	12,5	85,1	158,4	72,7	76,4
ANUAL	12,6	82,9	143,2	71,9	76,1

Tabla 7. Parámetros Climatológicos A Nivel Mensual Multianual. - Estación Climatológica Ordinaria Venecia

Dependiendo los requerimientos de cada proyecto se hace necesario especialmente para los proyectos que requieren diseños de obras hidráulicas o de análisis de comportamiento de eventos máximos en los cauces, establecer el comportamiento de las condiciones de lluvias máximas en

los registros pluviométricos de la estación seleccionada, a partir de estos registros se realiza el promedio anual de los valores máximos en 24 horas para elaborar las curvas IDF mediante la metodología de Vargas, Díaz – Granados, para los tiempo de retorno que el proyecto o la dimensión de este lo requiera. La Ilustración 11 muestra un ejemplo de curva IDF desarrollada durante el periodo de Pasantía en la empresa.

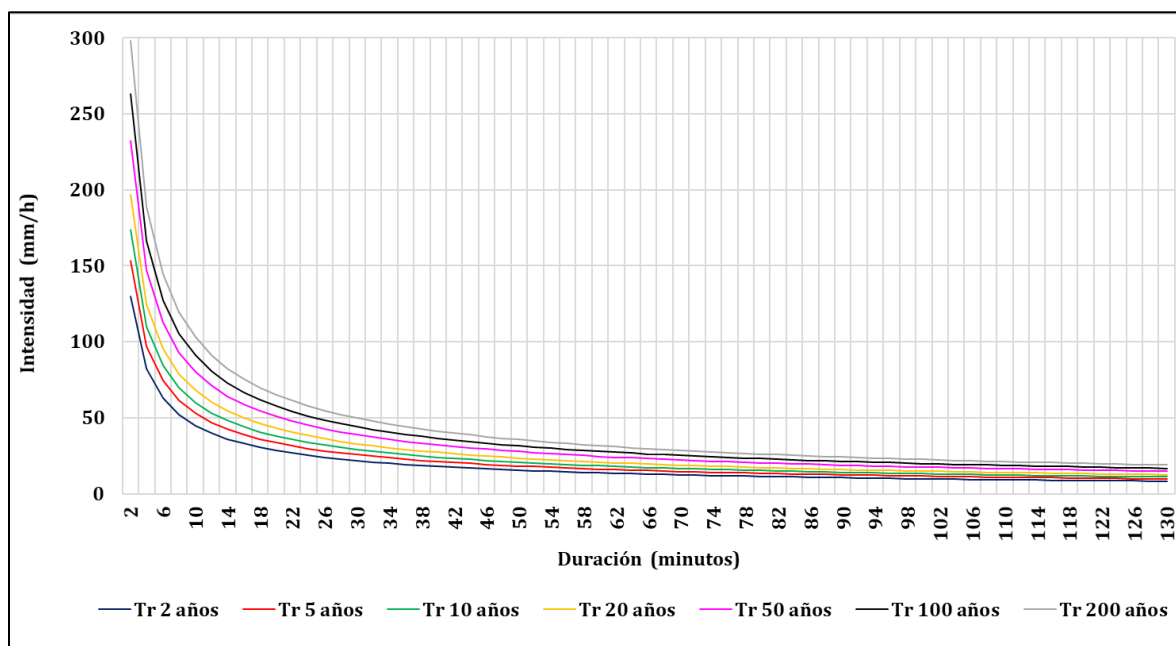


Ilustración 11: Curva IDF Cuenca quebrada Mancilla

Fuente: P&S Asociados S.A.S

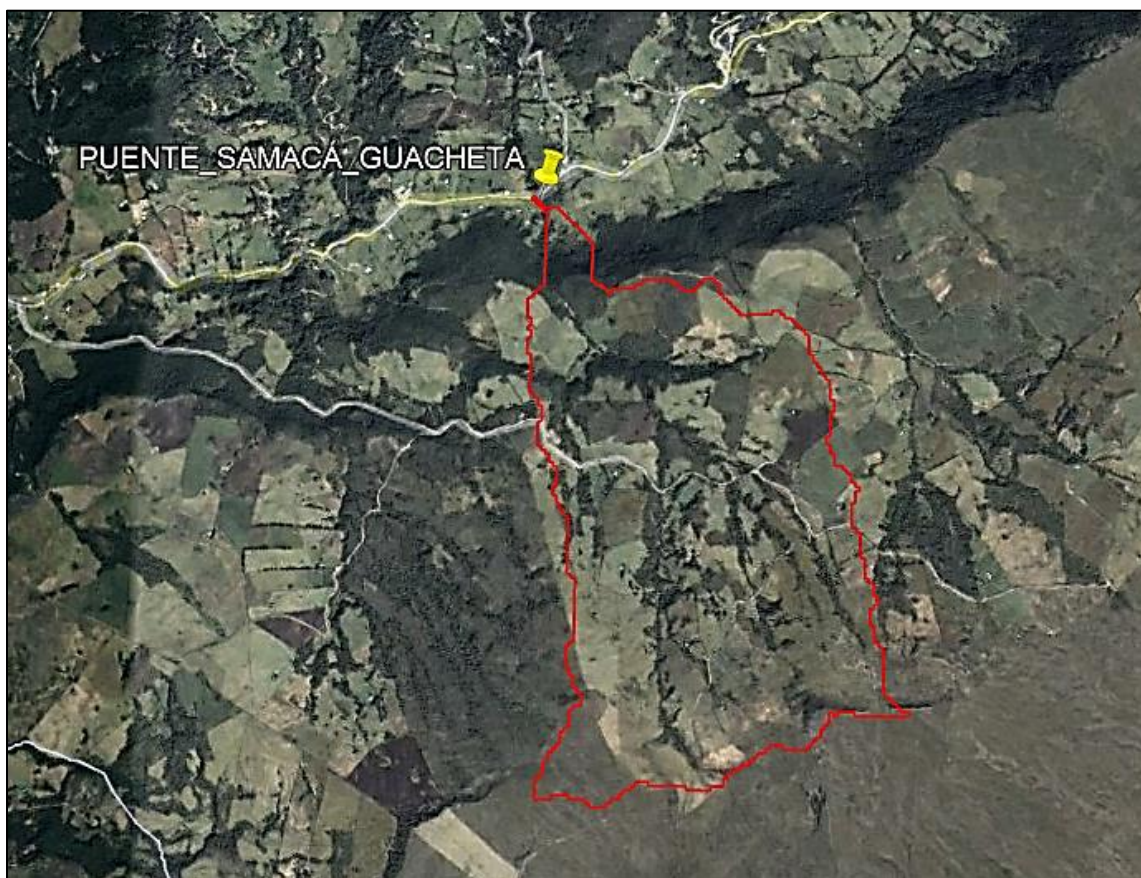
Para el desarrollo de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos se hace necesario establecer los caudales medios, mínimos y máximos de la cuenca hidrográfica para cumplir este objetivo y a partir de la información de los registros de las estaciones en el área de estudio, inicialmente se realiza el análisis de la información de caudales registrados por las estaciones limnimétricas sobre el cauce, para establecer los años representativos de tipo húmedo, medio y seco, con la determinación de estos años y las variables de precipitación y temperatura registradas por las estaciones pluviométricas y climatológicas se lleva a cabo el desarrollo del Balance Hídrico con la metodología de Soil Conservation Service.

Los resultados obtenidos referentes a los caudales medios, mínimos y máximos diarios se comparan mediante la aplicación de las metodologías de Trasposición de caudal desde la

estación limnimétrica hasta la cuenca hidrográfica con punto de cierre en la ubicación del vertimiento sobre la fuente hídrica. Los cálculos realizados y los resultados obtenidos en la aplicación de las diferentes metodologías se generan en archivos con extensión .xlsx denominados memorias de cálculos hidrológicos que se presentan como un anexo en los productos entregables de cada proyecto.

- **Información Cartográfica**

La información cartográfica y geográfica descargada en la primera fase de trabajo como los son shapes de coberturas, capas de ordenamiento territorial e información de entrada como Topo batimetrías, fotografías y demás, en ayuda con programas tecnológicos auxiliares como ArcGIS, AutoCAD , civil 3d entre otros, permiten que se logre una caracterización del área de estudio geográficamente y se obtengan resultados en torno a la caracterización geomorfológica de la cuenca hidrográfica como extensión de las redes de drenaje, pendiente media de la cuenca, longitud axial, perímetro etc, datos fundamentales para llevar a cabo cálculos como el tiempo de viaje y tiempo de concentración para la elaboración de Curvas IDF y los hietogramas de diseño.



La

Ilustración 12 representa la delimitación de cuenca de la quebrada Pajonal ubicada en el municipio de Samacá -Boyacá

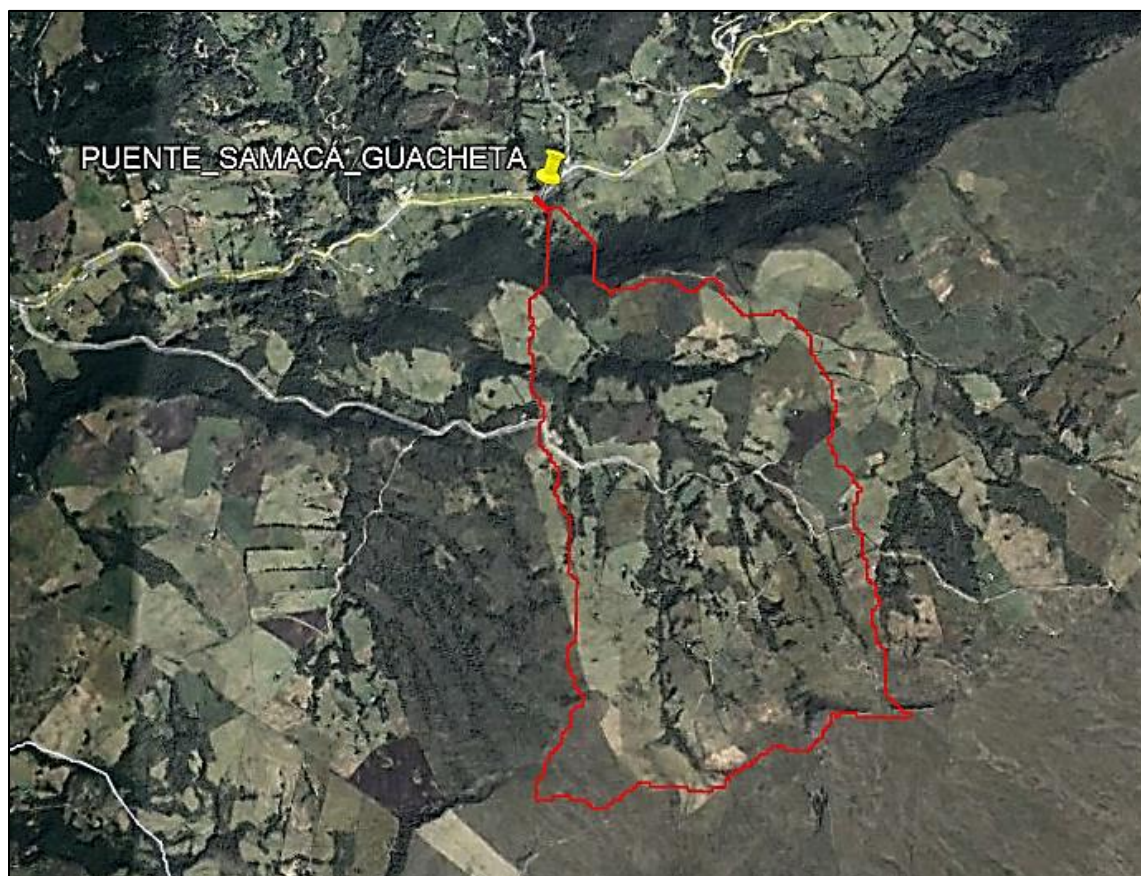


Ilustración 12:. Formación hoya hidrográfica cuenca quebrada Pajonal, punto de cierre puente vehicular, vía Samacá- Guachetá, sector escuela frita peña arriba

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S . Cuenca Quebrada Pajonal. Imagen Google Earth.

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SIMULACION AMBIENTAL

En esta sección se representa los resultados obtenidos del desarrollo de programas de modelamiento y simulación ambiental cuya aplicación y desarrollo dependen de las finalidades y requerimientos de los proyectos realizados.

Hec hms: Este software aplica cuando los proyectos requieren del diseño de obras hidráulicas o de la estimación de caudales máximos en diferentes periodos de retorno aplicando el método de

hidrograma unitario. El hidrograma total resultante es la suma de las ordenadas de los diversos hidrogramas unitarios para cada valor constante de tiempo. Para el presente los estudios hidrológicos e hidráulicos desarrollados no se adicionó el caudal base dado que no se posee información para su obtención y que su porcentaje es mínimo en relación con el caudal pico estimado. Mediante la aplicación del software de libre uso HEC-HMS y con las características de la lluvia total espacial, los valores de CN, las áreas de drenaje y del tiempo de desfase para las hoyas hidrográficas analizadas, se calcularon las crecientes de diseño aferentes a las diferentes corrientes producidas por las cuencas hidrográficas analizadas en los periodos de retorno que requiera la obra hidráulica (2,5,10,20,50, 100,200 años).

Para el caso de la hoya hidrográficas de la quebrada Pajonal (Samacá -Boyacá) y de la quebrada Mancilla (Facatativa- Cundinamarca), la obtención del número de curva CN se realizó mediante imágenes satelitales de la hoya hidrográfica y shapes de cobertura vegetal y de usos del suelo en la cual se determinó la cobertura típica, como zonas de cultivos con pendientes mayores al 10%, pastizales, presencia de zonas de cultivos, zonas agroforestales y zonas urbanas residenciales. Con base en lo anterior, se seleccionó un valor de CN igual a 76 y 77, correspondiente al grupo de suelo hidrológico C en el cual se encuentran suelos con tasas de infiltración bajas cuando están totalmente húmedos, 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 álcali o suelos con niveles freáticos moderados; estos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados.

Involucrando las características de lluvia total espacial, el número de curva CN, el área de drenaje, y del tiempo de desfase para la hoya hidrográfica en el software de libre uso HEC-HMS, se calcularon los caudales máximos instantáneos anuales de las crecientes producidas por la cuenca hidrográfica para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. En la Ilustración 13 se puede observar a manera de ejemplo un hidrograma de respuesta obtenido a través de la simulación ambiental en el programa Hec Hms.

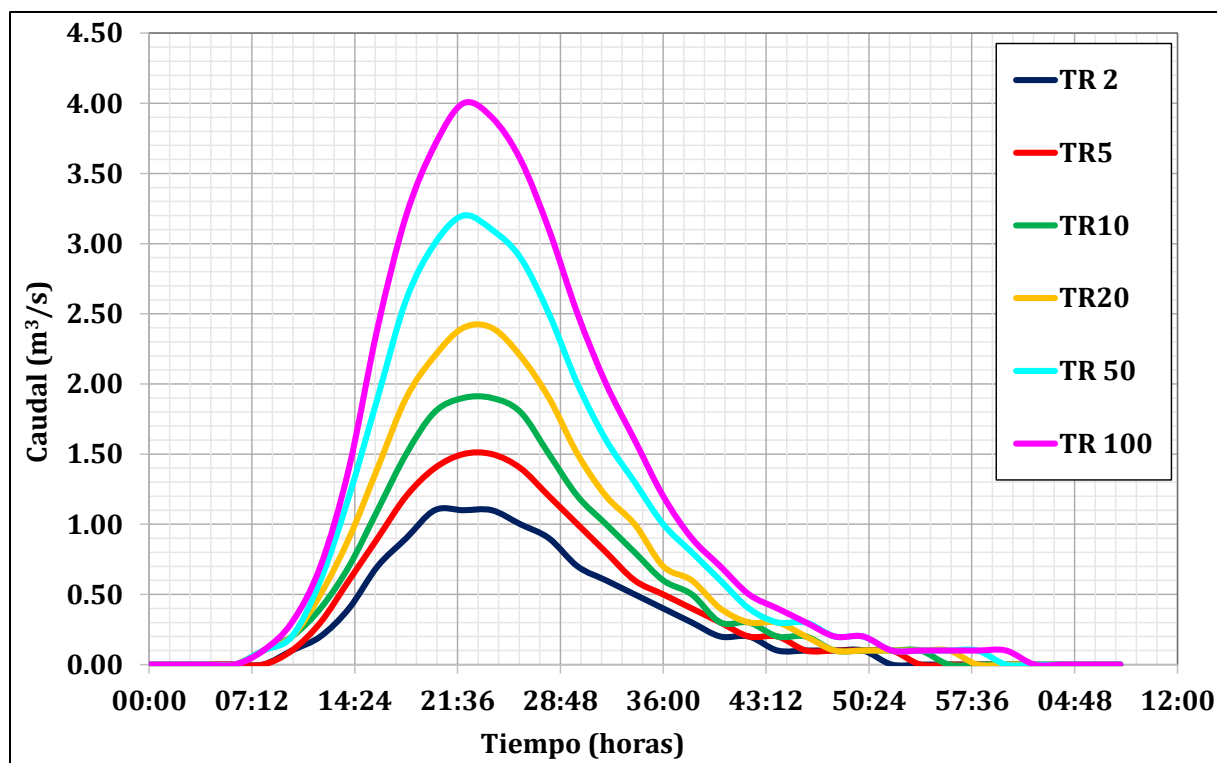


Ilustración 13: Hidrogramas de respuesta Hec Hms

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

Hec ras: Para el desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos que tienen como finalidad el diseño de estructuras hidráulicas es necesario realizar la simulación de los picos de caudal máximos calculados mediante la simulación en Hec- Hms. Para el desarrollo del análisis hidráulico es necesario contar con un levantamiento topográfico de la fuente hídrica, información de entrada que es procesada en el software Civil 3d para establecer las características geométricas secciones transversales del río.

Posteriormente el modelo es exportado a Hec ras donde se establecen condiciones como los caudales picos a transitar en el cauce, las pendientes medias de los tramos, y características de las secciones transversales como los coeficientes de rugosidad. Como resultados de las simulaciones se obtienen las franjas de inundación que son una herramienta muy importante en el desarrollo de planes de gestión de riesgo para establecer la incidencia e impactos en el espacio circunvecino a la fuente hídrica cuando ocurre un evento de caudales máximos de un periodo de diseño o retorno establecido.

Como otro resultado se puede establecer el comportamiento o la incidencia de los caudales transitados en el cauce con la implementación de una obra hidráulica, el programa permite analizar el comportamiento de parámetros hidráulicos como la velocidad, número de Froude, entre otros.

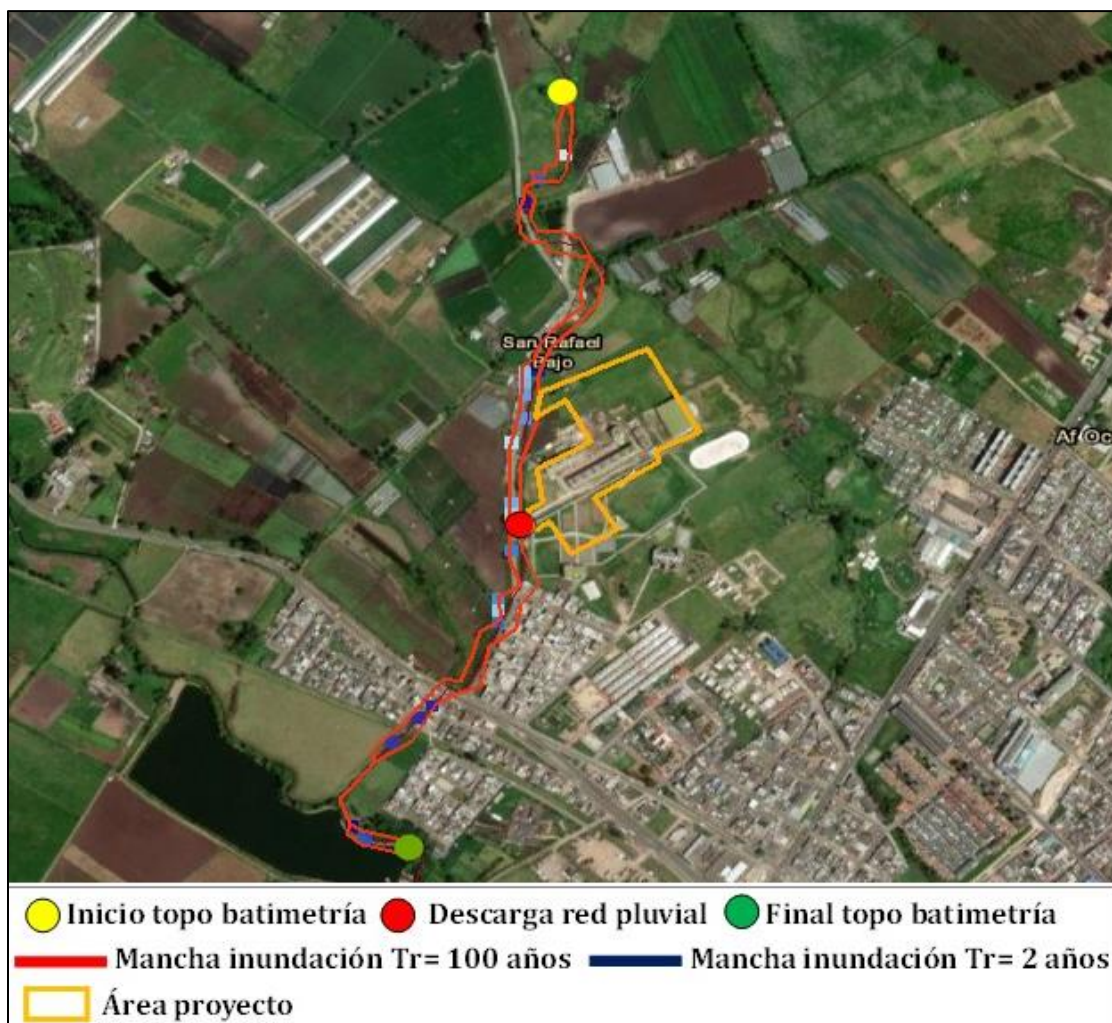


Ilustración 14: Manchas de inundación quebrada Mancilla para periodos de retorno de 2 y 100 años

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

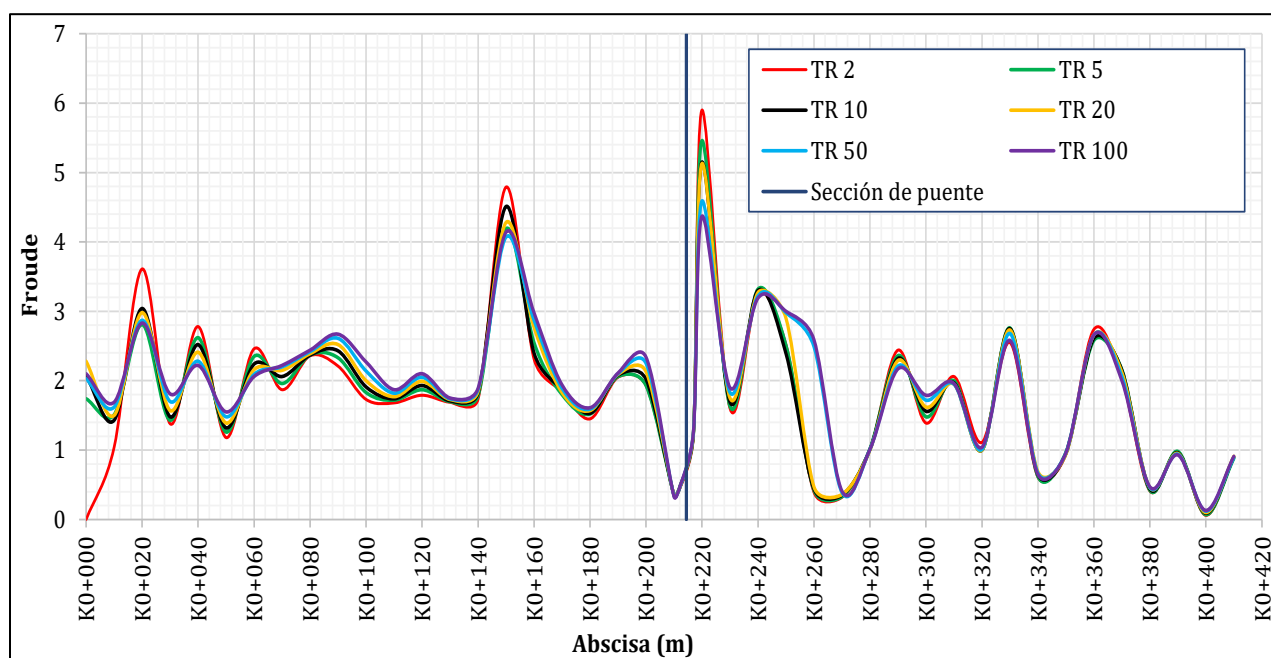


Ilustración 15: Valores máximos número de Froude, con estructura Hidráulica

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

Qalk2k: este software se utilizó para el desarrollo de los proyectos relacionados a los planes de saneamiento y manejo de vertimientos, a partir de información de entrada como el cálculo de caudales, reportes de laboratorio de análisis físicoquímicos y microbiológicos del agua en el tramo anterior al vertimiento, del vertimiento y del tramo aguas abajo, y características hidráulicas del cauce en el tramo analizado se lleva a cabo la simulación bajo los siguientes escenarios:

ESCENARIO 1 (CAUDAL DE AFORO)

Simulación de calidad de la Fuente hídrica con análisis en caudal de aforo

Descarga directa del vertimiento – **SIN** Tratamiento de aguas residuales

Descarga directa del vertimiento – **CON** Tratamiento de aguas residuales

ESCENARIO 2 (CAUDAL MEDIO)

Simulación de calidad de la fuente hídrica con análisis en caudal medio

Descarga directa del vertimiento – **SIN** Tratamiento de aguas residuales

Descarga directa del vertimiento – **CON** Tratamiento de aguas residuales

ESCENARIO 3 (CAUDAL MÍNIMO)

Simulación de calidad de la fuente hídrica con análisis en caudal mínimo

Descarga directa del vertimiento – **SIN** Tratamiento de aguas residuales

Descarga directa del vertimiento – **CON** Tratamiento de aguas residuales

A partir de los análisis de laboratorio es posible realizar la simulación del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes a temperatura, conductividad, DBO 5, pH, OD, SST, Coliformes Fecales, Nitrógenos, Nitratos, alcalinidad y fósforo orgánicos e inorgánicos. El análisis de los resultados parte de lectura de las gráficas generadas por el modelo Qual2k. El modelo contiene un sistema autónomo de gráficas, al trasladar dicho sistema a Excel se modifican, a continuación, se relacionan las distancias y momentos que representan las gráficas.

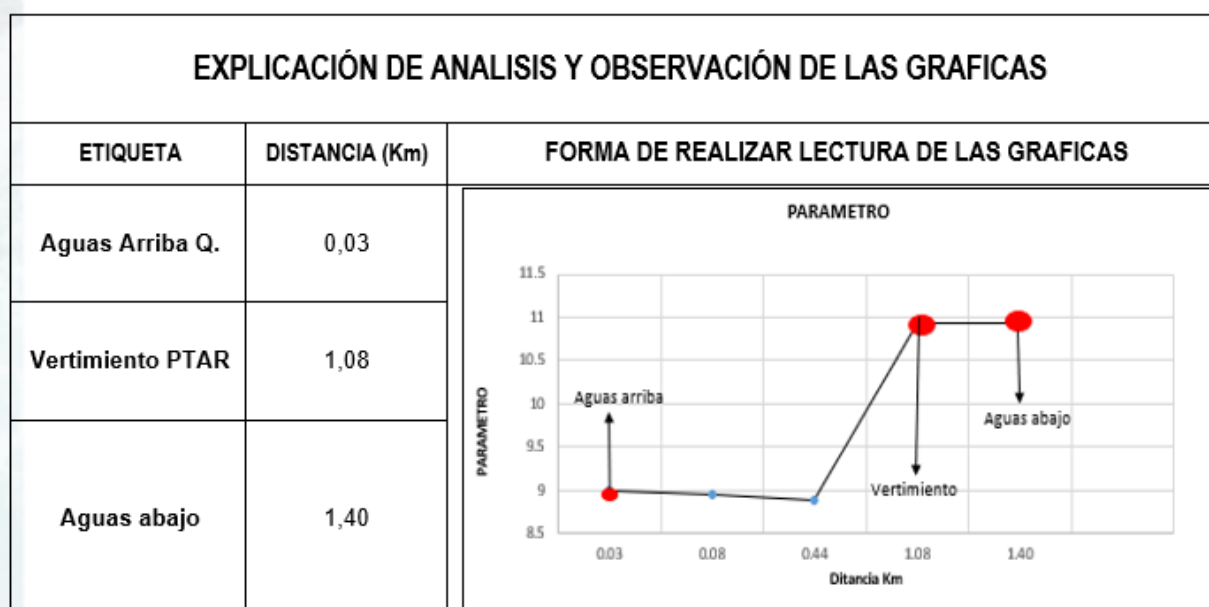


Ilustración 16: Explicación Para el Análisis y Lectura de las Gráficas Generadas en el Modelo Qual2k y graficas en Excel.

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

Para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos simulados en el desarrollo del modelo de Calidad se establece para cada escenario la comparación entre los resultados del comportamiento en presencia y ausencia de trenes de tratamientos de agua residual que mejoren las condiciones del vertimiento que se realiza a la fuente hídrica. A partir de los resultados generados, estos son comparados con los objetivos de calidad de la fuente hídrica para establecer el cumplimiento de la normativa legal vigente. La Ilustración 17 muestra a manera de ejemplo la comparación del parámetro demanda Bioquímica de Oxígeno para la quebrada Tocavita ubicada en el municipio de Siachoque en el escenario 1 (caudal de aforo) con la presencia y ausencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

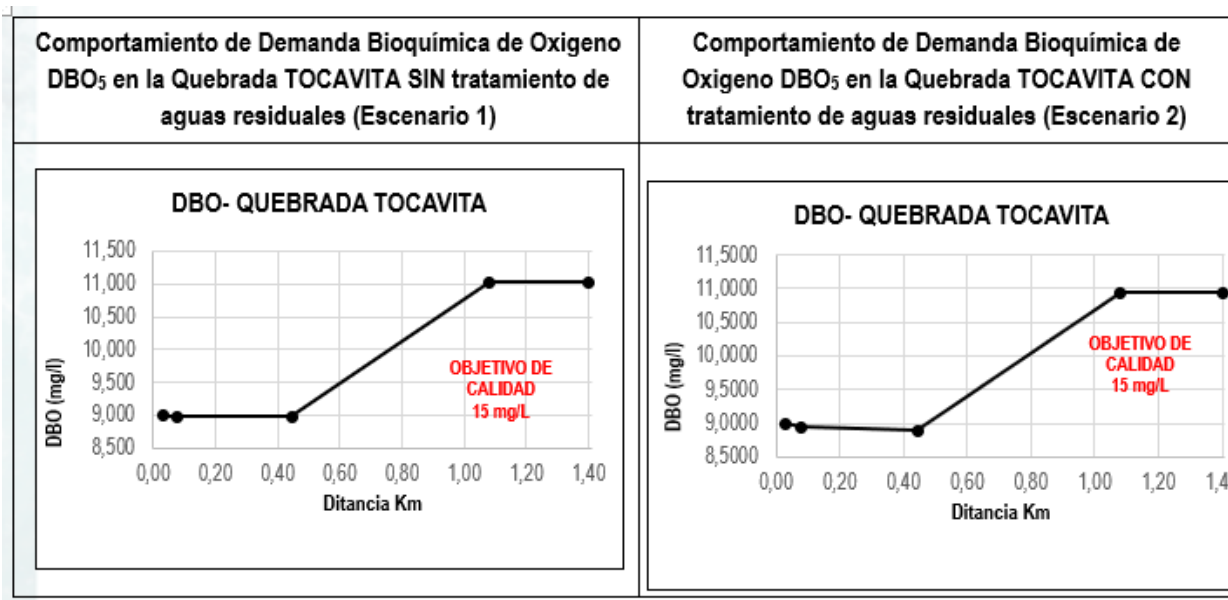


Ilustración 17: Grafica de comparación de resultados modelo Qual2k

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

ESQUEMATIZACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos en las fases anteriores se generan los productos entregables de cada uno de los proyectos los cuales representan los resultados obtenidos y su análisis y que se estructuraron mediante el desarrollo de informe de estudios hidrológicos e hidráulicos, o la

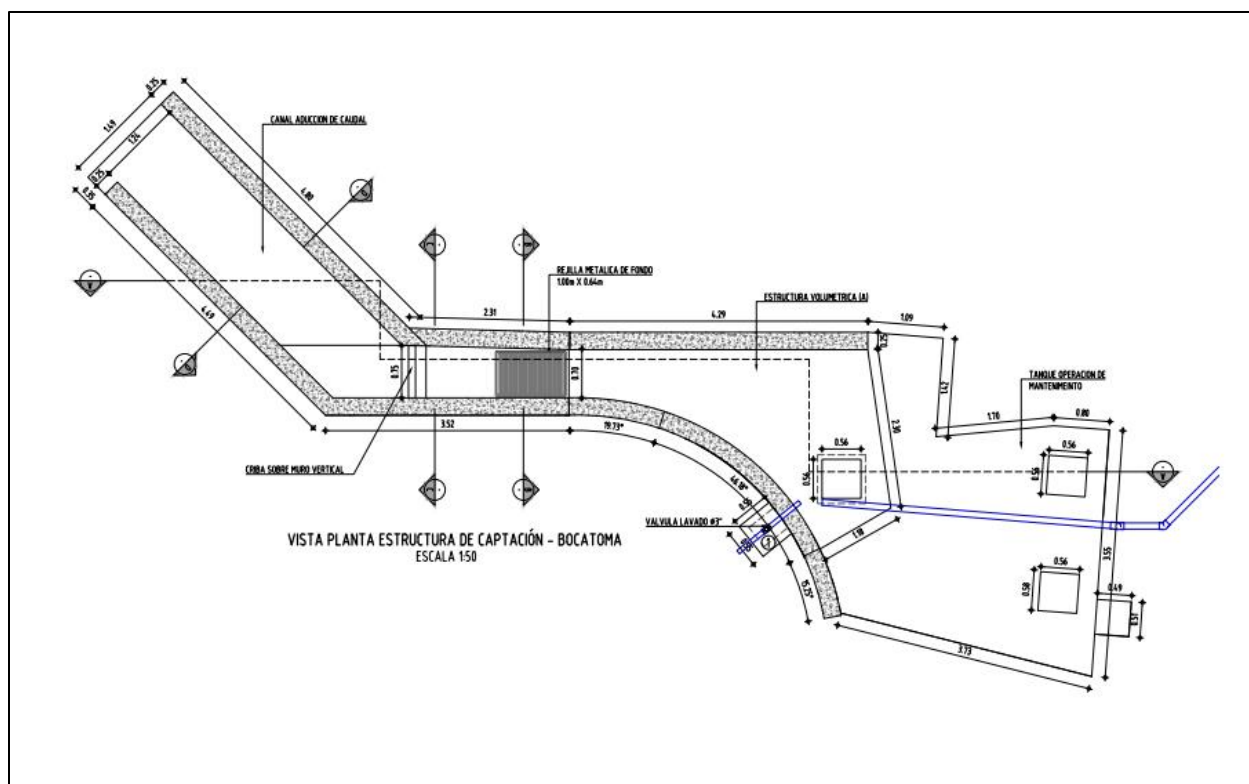


Ilustración 19: Planos estructuras Hidráulicas

Fuente: P&S ASOCIADOS S.A.S

ACTIVIDADES ADICIONALES

El enfoque principal de la opción de grado pasantía en la empresa P&S ASOCIADOS comprendía el área hidrológica e hidráulica sin embargo durante el tiempo de trabajo dentro de la empresa se desarrollaron actividades que si bien es cierto no están enfocadas o categorizadas como propias del área de hidrología e hidráulica si son propias al desarrollo de la actividad económica de la empresa.

La empresa presento al pasante la oportunidad de desarrollar capacitación de manera virtual para el manejo de la plataforma de contratación pública gubernamental SECOP II, de la cual se obtuvo el conocimiento para la aplicación de dos procesos de licitación pública denominados “interventoría técnica, administrativa, contable y jurídica, del contrato resultante de la licitación

pública, cuyo objeto es contratar los mantenimientos de los edificios sede central del INPEC” e “interventoría de escenario deportivo- Socorro, Santander”.

Otra de las actividades adicionales es el desarrollo del concepto técnico de las eficiencias de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Jenesano a partir de los resultados reportados por monitoreos realizados por parte de la corporación autónoma regional Corpochivor por el consorcio Ptar de Jenesano, en el cual se pudo establecer que las unidades de tratamiento de la planta de tratamiento de agua residual doméstica presenta los mismos porcentajes de remoción con los que fue diseñado, sin embargo se recomienda a las autoridades encargadas establecer el origen actual del agua residual a tratar ya que se pueden estar presentando vertimientos de aguas residuales No domésticas, lo que repercute directamente en la calidad del efluente de la PTAR, y por consiguiente la calidad del recurso hídrico en la fuente receptora

INDICADORES DE CUMPLIMIENTO

A partir de los requisitos establecidos por el reglamento de grado de la facultad de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas seccional Tunja, los objetivos establecidos en el desarrollo de la pasantía y las actividades y /o proyectos propuestos por la empresa se establecen los siguientes indicadores que representan el nivel de cumplimiento del pasante.

Con relación al cumplimiento del tiempo establecido el reglamento de grado determina un límite mínimo de 480 horas. La fecha de inicio de la opción de grado fue el día 1 de septiembre de 2021 y se llevó a cabo hasta el día 10 de noviembre, un total de 63 días con una intensidad diaria de 8 horas en un horario comprendido de lunes a sábado

$$\text{Tiempo Opción de grado} = 63 \text{ días} * 8 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo Opción de grado} = 504 \text{ horas}$$

$$\text{Indicador de cumplimiento} = \left(\frac{\text{Número de horas desarrolladas}}{\text{Número de horas reglamentarias}} \right) * 100$$

$$\text{Indicador de cumplimiento} = \left(\frac{504 \text{ horas}}{480 \text{ horas}} \right) * 100$$

$$\text{Indicador de cumplimiento} = 105\%$$

Relacionado al indicador de cumplimiento de las actividades propuestas por la empresa, se establece el desarrollo de 9 proyectos y /o actividades de las cuales se da cumplimiento a cada una de estas en los tiempos establecidos.

$$\text{Indicador de cumplimiento} = \left(\frac{\text{Número de actividades desarrolladas}}{\text{Número de actividades asignadas}} \right) * 100$$

$$\text{Indicador de cumplimiento} = \left(\frac{9 \text{ actividades}}{9 \text{ actividades}} \right) * 100$$

$$\text{Indicador de cumplimiento} = 100\%$$

El desarrollo de la pasantía apporto de manera positiva en el progreso económico, ambiental y social del país puesto a través de la adecuada planificación y toma de decisiones resultado del análisis y proyección de los estudios hidrológicos e hidráulicos para los proyectos que se llevaron a cabo , se garantiza el adecuado uso y gestión del recurso hídrico, recursos económicos, humanos y sociales que puedan llevar a sufrir algún factor de riesgo. Disminuyendo así los índices de contaminación y degradación de los recursos naturales específicamente del recurso hídrico frente al desarrollo de proyectos y obras que benefician a la sociedad en general y que están proyectados a realizarse dentro de cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. A nivel empresarial todas las actividades desarrolladas se enfocaron en el crecimiento económico, de experiencia y reconocimiento regional de la organización, siendo un referente de desarrollo organizacional cuyos impactos positivos como la generación de empleo, el desarrollo económico, permitan el desarrollo sostenible de la región.

Para el estudiante, esta experiencia genero aportes significativos en su formación ya que se estableció un enlace significativo entre los conocimientos adquiridos en el ámbito académico y los requerimientos del entorno laboral, además de afianzar las habilidades interpersonales y valores éticos en el desarrollo la opción de grado. La oportunidad de trabajar como ingeniero auxiliar en el área de estudios hidrológicos e hidráulicos y licitaciones ambientales en la empresa

P&S ASOCIADOS S.A.S en la ciudad de Tunja del departamento de Boyacá, fue una labor enriquecedora que apoya el desarrollo del papel del ingeniero ambiental dentro de las actividades económicas de una empresa dedicada a la consultoría ambiental. Además, se resalta las actividades en las que se interactúa con el aspecto social de los proyectos ya que es una parte fundamental en el desarrollo de la planificación y ordenamiento del territorio.

Se puede establecer mediante el desarrollo de la pasantía la importancia de la adquisición y comprensión de los conocimientos básicos en ingeniería, ya que para el desarrollo de las actividades laborales en la empresa son el eje fundamental y un factor impredecible en el nivel de éxito y optimización de recursos como el tiempo a la hora de ejecutar un proyecto en el campo ambiental. El eje fundamental de las actividades desarrolladas en la pasantía es la planificación del recurso hídrico, y gestión integral del riesgo como factores relacionados a la gestión integral de los recursos naturales, mediante la implementación de estudios hidrológicos e hidráulicos para cada uno de los proyectos y /o obras hidráulicas que se desarrollen alrededor del aprovechamiento del agua, a partir de estos, se garantiza, la adecuada planificación de las actividades a desarrollar lo que repercute en acciones como la mitigación de los impactos negativos generados sobre el recurso hídrico y la disminución de la vulnerabilidad a eventos que generen algún tipo de riesgo y que se afecten considerablemente aspectos sociales, económicos y ambientales.

7 CONCLUSIONES

- El apoyo profesional brindado en el desarrollo de los proyectos propuestos por la empresa se ajusta a los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería ambiental, y se considera que se llevó a cabo de manera satisfactoria ya que a partir de los resultados medibles en los indicadores de cumplimiento se establece que se cumplió con las responsabilidades asignadas en la empresa y los requerimientos para optar por el título de ingeniero ambiental. Como resultado en el desarrollo de la pasantía se obtuvo un aprendizaje teórico – práctico en conjunto con los profesionales de la empresa quienes aportaron al crecimiento laboral y profesional (técnico) desde el enfoque de la Ingeniería Ambiental y otras disciplinas involucradas en el desarrollo de las actividades desarrolladas.
- La opción de pasantía realizada en la empresa P&S asociados brindó la oportunidad de crear un enlace inicial y permanente entre los conceptos y conocimientos adquiridos en la educación superior, con la vida laboral, permitiendo al pasante apoyar las actividades propias de la empresa las cuales se basan en la planificación de proyectos de gestión de los recursos naturales en todo el territorio nacional, además de afianzar los conocimientos adquiridos mediante la práctica profesional y ampliar los escenarios para la creación de nuevas alternativas que permitan mejorar las condiciones medioambientales.
- Para el desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos es necesario establecer la normativa legal vigente aplicable al recurso hídrico, así mismo como los protocolos y trámites establecidos por las autoridades ambientales dependiendo el objetivo de cada uno de los proyectos. Las actividades de planificación se deben llevar a cabo bajo los lineamientos que establece la normativa y las metodologías que representen los mejores resultados en relación con la representación real de las condiciones del comportamiento de las variables evaluadas.
- Los conocimientos adquiridos en la educación superior son de gran importancia en el desarrollo de las labores ejecutadas en el ámbito laboral, ya que son el eje central de los conocimientos aplicados a situaciones prácticas y reales y que determinan en este caso la

calidad de los resultados obtenidos. La integración de conocimientos de la línea ingenieril, así mismo como los humanísticos y el desarrollo de las habilidades interpersonales, permiten que el pasante genere un clima laboral agradable, en el que el desarrollo del trabajo en equipo sea el protagonista y los objetivos trazados tanto en el desarrollo de la opción de grado como los objetivos de cada uno de los proyectos desarrollados se cumplan satisfactoriamente.

- La importancia del desarrollo de actividades de planificación ambiental como estudios hidrológicos e hidráulicos se establecen a partir de la generación de problemáticas ambientales, que se resumen en la afectación de la calidad del recurso hídrico, en los cuales la planificación del territorio y de los recursos naturales que interactúan en los procesos naturales y comunitarios se cataloga como acciones de gran validez que garantizan la conservación de los recursos naturales, la infraestructura civil y la calidad de vida de las comunidades afectadas.
- El desarrollo de actividades relacionadas a los procesos de contratación pública permitió al pasante adquirir conocimientos relacionados a la contratación estatal, en los cuales se pudo comprender las líneas de ejecución de proyectos, los trámites relacionados a estos y el establecimiento de las condiciones organizacionales para convertirse en proponente, en el desarrollo de estos procesos se generó un acercamiento real a ejes fundamentales y los requerimientos legales para el funcionamiento de una empresa de consultoría ambiental. Se recomienda a la Organización empresarial fortalecer el área de licitaciones ambientales que contribuya al crecimiento económico de la empresa y de la región y que se visibilice a partir del aumento del número de contratos que celebre la organización.

8 REFERENCIAS

- Acosta, P., & Aponte, L. X. S. (2013). Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste. *Facultad de Ingeniería*, 22(35), 25-33.
- Acosta-Castellanos, P. M., Encinas, A. H., Dios, A. Q., & Ortigón, A. C. (2020, June). Analysis of environmental sustainability educational approaches in engineering education. In 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-5). IEEE.
- APARICIO F. J. Fundamentos de hidrología de superficie. México, D. F.: Editorial Limusa, 2008. 304 p.
- Archila Peñalosa, E. J. (2009). Registro Unico de Proponentes en la Contratacion Publica, El.
- Arellano Diaz, J. (2002). Introducción a la ingeniería Ambiental. Primera Edición. México D.F, Instituto Politécnico Nacional. Pag 25. ISBN 970-15-0783-5. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/usta/101744>.
- Bladé i Castellet, E. (2009). *Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable: una visión a partir del modelo HEC-RAS*. Edicions UPC
- Bateman, A. (2007). Hidrologia Basica y Aplicada. GITS, Grupo de Investigacion entransporte de sedimentos -. Recuperado el 16 de 01 de 2022, de <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- Botey, R. (2013). *Balance Hidrico*. agencia estatal de meteorologia. Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas.
- CAR. (s.f.). *Plan de saneamiento y manejo de vertimientos*. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <https://www.car.gov.co/vercontenido/1169#:~:text=Plan%20de%20saneamiento%20y%20manejo%20de%20vertimientos.%20%C2%BFQu%C3%A9,en%20el%20saneamiento%20y%20tratamiento%20de%20los%20>
- Chapra, S. y Pelletier, G. QUAL2Kw, User manual (version 5.1), a modeling framework

for simulating river and stream water quality. Washington State Department of Ecology. USA. 2006. 46 p

- Cherequen Moran, W. (s.f.). *Hidrologia para estudiantes de ingenieria Civil*. Lima, Peru: CONCYTEC.
- comunicaciones, M. d. (2008). *Manual de hidrologia, hidraulica y drenaje*. Perú: Laboratorio. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/970.pdf
- Engineers, U. A. (2009). Hec-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension, user's manual. Versión 4.2
- EEUU, C. d. (2020). *hec.usace.army.mil*. Obtenido de *hec.usace.army.mil*: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>
- Gálvez Ordoñez, J.J. 2011. Balance hídrico Superficial. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-08873. Lima Perú
- Hernández Vázquez, I. (Diciembre de 2014). LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RIOS DE MEXICO. *Periódico digital de divulgación de la Red del Agua UNAM*(3), págs. 7-13. Recuperado el 28 de 12 de 2021, de <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero03.pdf>
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (s.f.). *Portal IDEAM*. Recuperado el 17 de 01 de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>
- Mirela-Iuliana, S. (2016). Aplicación del modelo de calidad de agua qual2k en el río danube. *Universitatii Maritime Constanta. Analele* , 17 (25), 125.
- Ordoñez, J. (2012). Cartilla técnica: balance hídrico superficial. Biblioteca Nacional del Perú. Sociedad Geográfica de Lima. Perú
- Osorio, W. C. C. (2016). Modelación hidrologico-hidraulica de eventos de inundacion en el Rio Bogotá (sector tocanzipa-chia) usando HEC-RAS. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 7(2).

- Santos Rodriguez, J. (2018). Las facultades reglamentarias de la Agencia Nacional de Contratación Pública Colombia Compra Eficiente. *Rev. Digital de Derecho Admin.*, 19, 341
- SURENDRA KUMAR MISHRA , & VIJAY P. SINGH . (2003). *SOIL CONSERVATION SERVICE* (Vol. 42). Baton , Rouge, estados Unidos: Water Science and Technology Library. doi:10.1007/978-94-017-0147-1
- UNAM, (2010) Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. México: Instituto de Investigaciones Económicas, 308 p. ISBN 978-607-02-1455-4
- UNESCO. (2020). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)*.
- RUIZ, O.; ARTEAGA, R.; VAZQUEZ, M. A.; ONTIVEROS, R. E.; LOPEZ, R. Balance hídrico y clasificación climática del Estado de Tabasco, México. *Revista Universidad y Ciencia*, v. 28, n. 1, p. 1-14, 2012.
- US Army Corps of Engineers. (2010). Hydrologic Modeling System, HEC-HMS. Quick Start Guide Version 3.5. Davis, CA, USA: Institute for Water Resources, Hydrological Engineering Center.
- Valencia Grajales, D. H., & Pardo Cortes, M. A. Limitaciones a los principios de igualdad y libre concurrencia en la licitación pública.
- Ven Te Chow. 1994. Hidrología Aplicada.
- Vías, I. N. (2009). *MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS*. Bogota: Instituto Nacional de Vías
- Vicente, J. y Behm, V. (2008). *CONSULTA, EDICIÓN Y ANÁLISIS ESPACIAL CON ARCGIS 9.2 TOMO I: TEORÍA*. Junta de Castilla y León.

