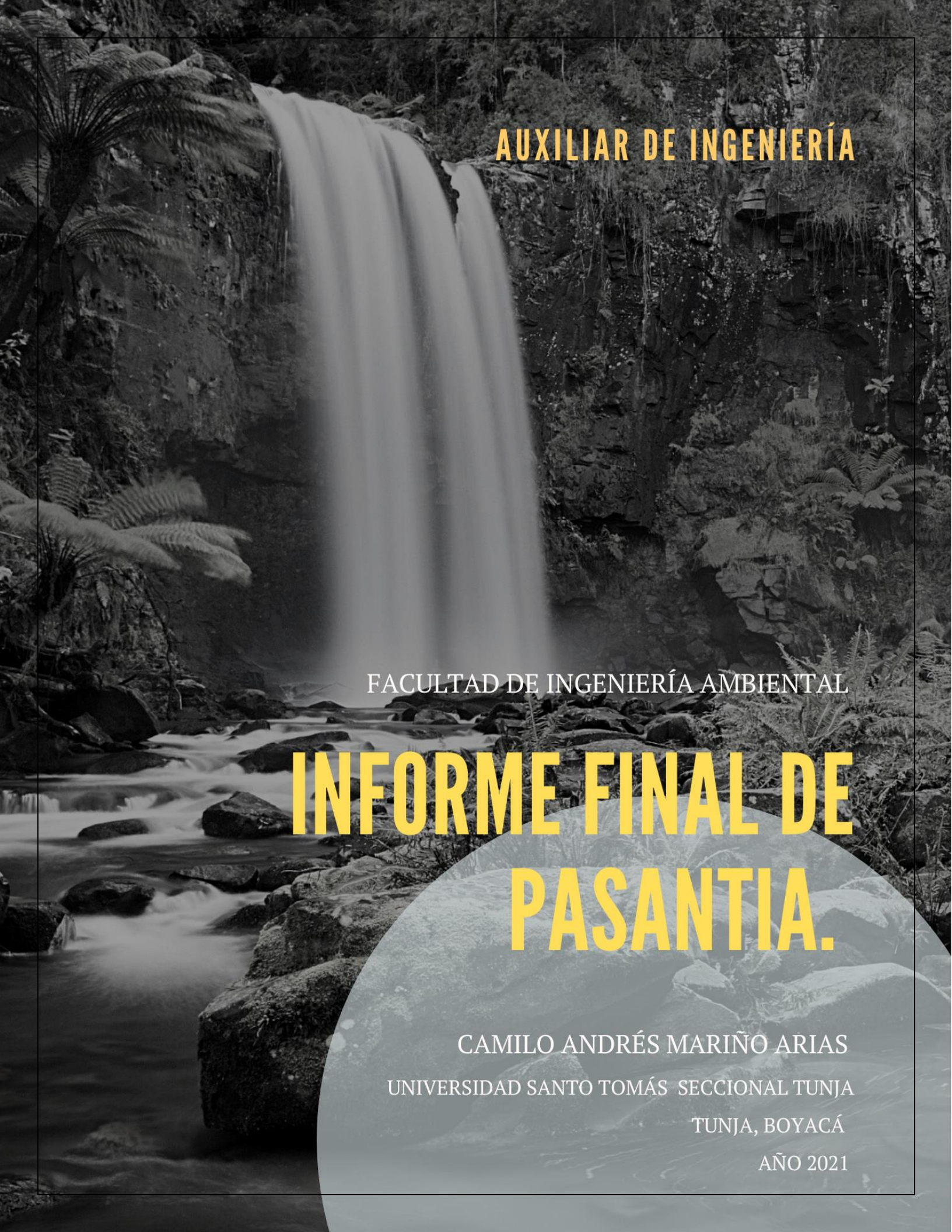




AUXILIAR DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

# INFORME FINAL DE PASANTIA.

CAMILO ANDRÉS MARIÑO ARIAS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

TUNJA, BOYACÁ

AÑO 2021

**INFORME FINAL DE PASANTIA,**  
**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN APOYO Y ELABORACIÓN DE PLANES DE**  
**SANEAMIENTO BÁSICO Y AGUA POTABLE**

**CAMILO ANDRÉS MARIÑO ARIAS**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TUNJA – BOYACÁ**

**2021.**

**INFORME FINAL DE PASANTIA,  
AUXILIAR DE INGENIERÍA EN APOYO Y ELABORACIÓN DE PLANES DE  
SANEAMIENTO BÁSICO Y AGUA POTABLE**

**CAMILO ANDRÉS MARIÑO ARIAS**

**CODIGO: 2201830**

**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**

**2021**

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                       | V  |
| 1 INTRODUCCIÓN .....                                                                | 1  |
| 2 OBJETIVOS.....                                                                    | 3  |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL .....                                                          | 3  |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....                                                      | 3  |
| 3 MARCO REFERENCIAL .....                                                           | 4  |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL .....                                                          | 4  |
| 3.2 ANTECEDENTES .....                                                              | 10 |
| 3.3 MARCO CONTEXTUAL .....                                                          | 24 |
| 3.4 MARCO TEORICO.....                                                              | 25 |
| 3.4.1 TEORIA BALANCE HIDRICO .....                                                  | 25 |
| 3.4.2 TEORIA LONGITUD DE MEZCLA .....                                               | 29 |
| 3.4.3 TEORIA DE TRASPOSICION DE CAUDALES.....                                       | 33 |
| 3.4.4 TEORIA MODELO DE CALIDAD .....                                                | 34 |
| 3.4.5 TEORIA RESOLUCION DE PLAN SE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE<br>VERTIMIENTOS ..... | 37 |

|       |                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5   | MARCO LEGAL .....                                                           | 43 |
| 4     | METODOLOGIA DE PASANTIA .....                                               | 45 |
| 4.1   | DIAGRAMAS DE FLUJO .....                                                    | 47 |
| 4.2   | ACTIVIDADES REALIZADAS.....                                                 | 48 |
| 4.2.1 | ENFOQUE DE ACTIVIDADES .....                                                | 50 |
| 4.2.2 | DIAGRAMAS P&S ASOCIADOS S.A.S .....                                         | 52 |
| 5     | RESULTADOS OBTENIDOS .....                                                  | 57 |
| 5.1   | TRATAMIENTO DE DATOS E INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....                         | 58 |
| 5.2   | REALIZACIÓN DE PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE<br>VERTIMIENTOS PSMV. .... | 61 |
| 5.3   | MANEJO DE SOFTWARE, MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN AMBIENTAL                     | 65 |
| 5.4   | ENFOQUES ADICIONALES.....                                                   | 69 |
| 5.5   | IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO .....                                          | 70 |
| 6     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                         | 71 |
| 7     | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....                                            | 73 |
| 8     | ANEXOS.....                                                                 | 80 |

## CONTENIDO DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 1. Evolución del IRCA entre 2012 y 2017.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>13</i> |
| <i>Figura 2. Porcentaje de la población urbano/rural con IRCA sin riesgo 2017 .....</i>                                                                                                                                           | <i>13</i> |
| <i>Figura 3. Riesgo según su consumo año de 2016 a 2018 .....</i>                                                                                                                                                                 | <i>14</i> |
| <i>Figura 4. Número de Proyectos terminados por departamento 2018 .....</i>                                                                                                                                                       | <i>15</i> |
| <i>Figura 5. Cobertura del sistema de alcantarillado a nivel nacional sector urbano y rural .....</i>                                                                                                                             | <i>16</i> |
| <i>Figura 6. Tasa de precipitación efectiva en relación con el Tiempo.....</i>                                                                                                                                                    | <i>26</i> |
| <i>Figura 7. Balance de masa en un segmento de tramo .....</i>                                                                                                                                                                    | <i>36</i> |
| <i>Figura 8. Modelo cinético y procesos de transferencia de masa considerados en QUAL2K. ....</i>                                                                                                                                 | <i>37</i> |
| <i>Figura 9. Diagrama de Flujo General de actividades asignadas por parte de la empresa P&amp;S Asociados S.A.S en el marco de la Práctica profesional .....</i>                                                                  | <i>47</i> |
| <i>Figura 10. Diagrama A de Actividades realizadas. Tratamiento de datos e información hidrológica .....</i>                                                                                                                      | <i>53</i> |
| <i>Figura 11. Diagrama B. de Actividades realizadas- elaboración de Planes de seguimiento y manejo de Vertimientos PSMV.....</i>                                                                                                  | <i>54</i> |
| <i>Figura 12. Diagrama C. de Actividades realizadas- Adicionales elaboración de Modelamiento y simulación Ambiental para estudios Hidrológicos de análisis de riesgo de inundación y análisis de estructuras hidráulicas.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 13. Diagrama D. de Actividades realizadas- Adicionales Teniendo otros enfoques.....</i>                                                                                                                                 | <i>56</i> |
| <i>Figura 14. Página de Consulta y descarga de datos hidrometeorológicos del IDEAM. ....</i>                                                                                                                                      | <i>59</i> |
| <i>Figura 15. Distribución de municipios en el territorio. Elaboración de PSMV.....</i>                                                                                                                                           | <i>62</i> |

|                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 16. Batimetría y localización del puente vehicular sobre el cuerpo de agua en el municipio de motavita .....</i> | <i>66</i> |
| <i>Figura 17. Mancha de inundación periodo de Retorno y estructuras plan de riesgo de inundación .....</i>                 | <i>67</i> |

### **CONTENIDO DE TABLAS**

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabla 1. Enfoque general de Actividades Asignadas desempeñadas en P&amp;S Asociados S.A.S ....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 2. Estaciones hidrometeorológicas IDEAM descarga de información por municipio. ....</i>      | <i>60</i> |
| <i>Tabla 3. Estaciones hidrometeorológicas IDEAM descarga de información de Caudales.....</i>         | <i>61</i> |
| <i>Tabla 4. Áreas y Fuentes receptoras de los municipios de estudio .....</i>                         | <i>63</i> |
| <i>Tabla 5. Valores de entrada al Modelado Qal2k. Caudales medios y mínimos .....</i>                 | <i>64</i> |
| <i>Tabla 6. Tabla de análisis y observaciones y graficas en el modelo Qual2k .....</i>                | <i>64</i> |
| <i>Tabla 7- Manejo de software, Modelaciones y simulaciones cantidad de veces de uso.....</i>         | <i>68</i> |

## RESUMEN

La opción de pasantía o práctica profesional, para optar por el título de Ingeniero Ambiental reúne todo el resultado académico y aprendizaje dentro de la universidad, con el fin de buscar competencias y elementos que aporten un valor humanista ético-profesional. La ejecución en el desarrollo de la práctica profesional corresponde al conocimiento vinculado de la teoría y la practica en la familiarización del área laboral, partiendo de la experiencia individual y propia. Este documento tiene como objetivo evidenciar la importancia de la práctica profesional y lo que se realizó en el periodo de tiempo exigido por la institución de educación superior, para este caso el objetivo general del informe final de pasantía es, acompañar de manera Técnica en la ejecución y visualización de proyectos consolidados en el área de agua potable y saneamiento básico, con el fin de vincular los sistemas de información geográfico y los softwares de modelación hidrológicos e hidráulicos. En dicho proceso, se tuvo en cuenta la realización de estudios hidrológicos, descarga y tratamiento de información de estaciones hidrometeorológicas de las zonas específicas y la definición de variables, como resultados se obtuvieron las condiciones de cada estudio y análisis hidrológico e hidráulico, donde van de la mano con la implementación de software y Herramienta, como Extensiones Gis , ArcGIS , HEC RAS, HEC HMS y Modelos de calidad de aguas Qal2k , esta información viene acompañada de la modelación y la simulación ambiental con el fin de lograr una mejor comprensión de la realidad.

**Palabras Claves:** Estudios Hidrologicos, Modelamiento, Simulación Ambiental, SIG,



## **1 INTRODUCCIÓN**

La ingeniería ambiental, tiene como enfoque aspectos relacionados con el prevención, control y manejo de la contaminación de manera integral, de esta manera se solucionan problemáticas a nivel ambiental teniendo en cuenta el valor de los recursos del planeta, donde se fomente un desarrollo sostenible. Se puede afirmar que es una rama de la ingeniería, en la cual convergen varias áreas del conocimiento, esta comprende los principios de los sistemas ambientales implementando estrategias necesarias para resolver daños o impactos causados por el hombre (Arellano, 2002).

Se vincula de manera general el termino de ingeniería ambiental como objetivo final del documento, ya que en la actualidad las necesidades básicas son de gran importancia para el campo de acción de un ingeniero ambiental, de esta manera se conecta con los límites y alcances de la dinámica social, implementando una solución para resolver problemáticas respecto a los ejes fundamentales de las necesidades humanas y los recursos naturales. Teniendo en cuenta lo anterior, cada una de las problemáticas a nivel global traen consigo una trascendencia, para este informe es importante resaltar una de las problemáticas vigentes a nivel nacional como lo es el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, enfocado en el acceso al agua potable y manejo adecuado de los vertimientos para satisfacer las necesidades de la comunidad y de los objetivos que contribuyen a la calidad del recurso hídrico a nivel nacional (Arellano, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante buscar un componente de enlace entre las problemáticas y las fuentes de solución, para esta finalidad se involucran actores e instituciones que convergen en un mismo fin. La educación superior es el origen de nuevas alternativas para resolver impactos en el medio ambiente, se plantean diversos escenarios en el área de la ingeniería ambiental, donde vincula las prácticas profesionales como medio de conocimiento y aporte a las

empresas tanto en su rendimiento laboral como en el eficiente desarrollo de las competencias, involucrando la responsabilidad de resolver problemáticas en su campo. La práctica profesional no solo se ve reflejada en el aspecto laboral, sino en la experiencia en situaciones dentro margen de la realidad, relacionando conocimientos para la solución de problemas y aporte a las empresas prestadoras de oportunidades.

La opción de pasantía o práctica profesional para optar por el título de Ingeniero Ambiental reúne todo el resultado académico y aprendizaje dentro de la universidad, con el fin de buscar competencias y elementos que aporten un valor humanista como ético-profesional. De esta manera la Universidad Santo Tomas seccional Tunja a nivel de facultad de Ingeniería Ambiental, exige el proceso de práctica profesional dentro del tiempo mínimo de cuatro (4) meses o 480 horas, además de cumplir con informe y sustentación.

La ejecución en el desarrollo de la práctica profesional corresponde al conocimiento vinculado de la teoría y la practica en la familiarización del área laboral, partiendo de la experiencia individual y propia. Este documento tiene como objetivo evidenciar la importancia de la práctica profesional y lo que se realizó en el periodo de tiempo exigido por la institución de educación superior, para este caso el objetivo general del informe final de pasantía es, acompañar de manera Técnica en la ejecución y visualización de proyectos consolidados en el área de agua potable y saneamiento básico, con el fin de vincular los sistemas de información geográfico y los softwares de modelación hidrológicos e hidráulicos; A partir de lo anterior, se conforma el documento con los conceptos básicos necesarios para su desarrollo, la relación y enfoque de la ingeniería ambiental en el campo laboral y los productos de aporte del estudiante en su tiempo como pasante en la empresa P&S Asociados S.A.S.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Acompañar de manera Técnica en la ejecución y visualización de proyectos consolidados en el área de agua potable y saneamiento básico, con el fin de vincular los sistemas de información geográfico y los softwares de modelación hidrológicos e hidráulicos, para el desarrollo de la práctica profesional en la empresa P&S Asociados S.A.S.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Brindar apoyo en planes de Saneamiento básico y agua potable basados en PSMV y drenajes Urbanos en los municipios a nivel nacional, modelando la formulación de proyectos en los departamentos de Boyacá, Huila, Santander y Cundinamarca.

Verificar, Manejar y Ejecutar metodologías a partir de softwares basados en la simulación y modelamiento ambiental como HEC-RAS, HEC HMS, Qal2k, ArcGIS-Ext Geo de los municipios de estudio.

Realizar el análisis relacionado con la situación de actualización de los PSMV y drenajes urbanos de los municipios de estudio.

### 3 MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

**Ingeniería ambiental:** Se define como una rama de la ingeniería que encarga del diseño de tecnologías encaminadas a evitar y controlar la contaminación e impactos en el medio ambiente provocado por acciones antropológicas (Arellano, 2002).

**Hidrología:** Ciencia de la Ingeniería involucra o contiene aspectos cuantitativos de los movimientos, propiedades, distribución, que tienen relación con la planificación, diseño y operación de obras de Ingeniería y ciencias, para el uso de control del agua sobre la tierra.

También definida como la ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico y en cada uno de los procesos involucrados, es decir, cada una de las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global (Dingman, 1994).

**Balance hídrico:** El Balance Hídrico consiste en la aplicación del principio de la conservación de masa de una cuenca definida por unas determinadas condiciones de contorno, las entradas, salidas y variaciones de almacenamiento. (Gálvez, 2012).

**Saneamiento Básico:** Es considerar las acciones mínimas que deben adoptarse en una localidad urbana o rural, para que las personas puedan vivir en un ambiente saludable. De igual manera es la forma de identificación y evaluación de riesgos (CONAGUA, 2015).

**Sistemas de tratamiento:** Son aquellos sistemas que aseguran que las aguas residuales se traten antes de cualquier descarga en aguas receptoras naturales, para reducir las amenazas para los

ecosistemas y los servicios que brindan, incluso mejorando la calidad y seguridad del recurso hídrico, y reduciendo la contaminación (Corcoran et al, 2010).

**Cuenca hidrográfica:** Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (Aparicio, 1989)

**Modelación y Simulación Ambiental:** la modelación de sistemas ambientales y en la integración de los resultados de sus modelos espacio-analíticos con los SIG. Estos modelos incluyen contaminación y calidad de aguas, suelos, erosión, impacto visual, aire, contaminación acústica, incendios forestales, riesgo de inundación valoración de espacios naturales y la gestión integral de cuencas hidrográficas entre otros (Torres, 2016).

Es el proceso de diseñar un modelo lógico-matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para probarlo, con la finalidad de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones. (Torres, 2016).

**Curvas Intensidad Duración Frecuencia:** Las curvas IDF son definidas como curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Temez, 1978). Son utilizadas principalmente para determinar la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación en lugares donde no se poseen registro de estaciones meteorológicas (Vargas & Granados, 1998).

**Curvas de Duración de Caudales:** La curva de duración de caudales es el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos. La curva se puede construir a partir de caudales diarios, mensuales, anuales, etc.

**Escorrentía:** Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. (Aparicio, 1989)

**Hidrogramas:** Es aquella grafica la cual define la cantidad de escorrentía o caudal según el comportamiento a través del tiempo, de igual manera se denomina el gasto en función del tiempo. (Aparicio, 1989).

**Infiltración:** La cantidad de agua que atraviesa la superficie del terreno por unidad de tiempo y se desplaza al subsuelo recibe el nombre de ritmo o tasa de infiltración (Dingman, 1994).

**Evaporación:** Se produce básicamente por el aumento de energía cinética que experimentan las moléculas de agua cercanas a la superficie de un suelo húmedo o una masa de agua, producido por la radiación solar, el viento y las diferencias en presión de vapor. (Aparicio, 1989).

**Calidad de agua:** Son aquellos atributos que puede presentar el recurso hídrico, de manera que los criterios o características organolépticas, físicas y químicas sean aceptados sean debidos para su consumo o para diversos usos sin causar afectación al entorno (Ibarra, 2010).

**Plan de Saneamiento y manejo de Vertimientos:** Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento

y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad. (Resolución No. 1433 del 13 de diciembre de 2004.)

**Plan de manejo Ambiental:** El Plan de Manejo Ambiental es el resultado directo del proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales. Su objetivo principal es establecer un conjunto de pautas y métodos de trabajo, de tal manera que las acciones ambientales propuestas puedan llevarse a cabo (ANLA, 2016).

**Inventario Forestal:** El inventario forestal es una técnica y metodología forestal que, como la dasometría, esta contribuye la evaluación y el diagnóstico del estado de los cuerpos forestales, con el objetivo de describir de manera completa y detallada cómo es y cuál es su estado en el momento actual. (SIAC).

**Sistemas Geográficos de Información:** Sistema hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la manipulación, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (Bosques, 2000)

**Software Complementarios (Excel):** El software Excel es una aplicación que permite realizar hojas de cálculo, que se ubica integrada dentro del conjunto ofimático de programas Microsoft Office. Una hoja de cálculo sirve para trabajar con números de forma sencilla e intuitiva. (Briik. 2010)

**ArcGIS:** Es un sistema de información geográfico, este software sirve para el tratamiento, Organización, recopilación de información geográfica en forma de tablas o gráficos, con el fin de

realizar una esquematización, con el fin de distribuir el conocimiento de sectores como de ciencia, educación y gobierno para contribuir al mundo como una herramienta profesional para la planeación y la toma de decisiones. Este software cuenta con tres componentes los cuales son ArcInfo, ArcEditor y ArcView, que derivan extensiones incorporadas como ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Orduña,2007).

**ArcMap:** En este se realizan los mapas a partir de datos especializados y separados por capas, con el fin de realizar una esquematización relacionada con colores y simbología respecto a bases de datos, donde se realiza la creación de mapas geográficos a partir de la recolección de información (Orduña,2007).

**Hec HMS:** Este es un programa, en el cual se realiza la simulación de proceso de lluvia y escurrimiento de cuencas de diferentes tamaños, donde es aplicado para diversos usos como la reducción al riesgo de inundaciones, drenaje urbano, impacto en el uso de vegetación o suelos, disponibilidad de agua elaborado por el cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos (US Army Corps of Engineers, 2010).

**HEC-GeoRas:** Es una extensión para usar con ArcView específicamente diseñada para procesar datos georeferenciados para usar posteriormente con HEC-RAS. HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a HEC-RAS datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río, secciones transversales, etc. Información sobre estructuras hidráulicas puentes, entre otros. No puede importarse desde ArcView mediante HEC-GeoRAS y debe añadirse a la simulación desde HEC RAS. Posteriormente los resultados obtenidos de calados y velocidades se exportan desde HEC-RAS a ArcView y pueden ser procesados para obtener mapas de inundación y riesgo. (Upcommons. 2016).



**Hec-Ras:** El modelo hidrológico Hec-Ras, es de dominio público desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE. UU. (US Army Corps of Engineers), nace como la evolución del modelo conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a este. entre las que destaca la interfase gráfica de usuario que facilita las labores de reproceso y postproceso, así como la posibilidad de intercambio de datos con el sistema de información geográfica ArcGIS mediante HEC-GeoRAS. El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre. (Engineers, 2009)

**Modelo Qal2k:** El QUAL2K es un modelo de calidad de agua para ríos o corrientes de agua diseñado por la Environmental Protection Agency (EPA) que intenta representar una versión más moderna del modelo QUAL2E, Dentro de las principales características del modelo Qual2K se encuentran: la realización de una modelación unidimensional.

El modelo simula los siguientes parámetros: conductividad, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, DBO (rápida y lenta), nitrógeno orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico, patógenos, alcalinidad, carbono orgánico total, algas de fondo, pH, temperatura y caudal (Chapra, & Pelletier, 2003).

### 3.2 ANTECEDENTES

Al pasar el tiempo se ha logrado evidenciar un profundo interés por los debates políticos sobre la gobernabilidad y la manera de buscar la solución a las necesidades de la comunidad, ya sea a nivel social, económico y de salud ambiental. Teniendo en cuenta lo anterior, el saneamiento hídrico básico a nivel nacional ha sufrido grandes transformaciones, en orden institucional y normativo, por tal razón busca establecer un equilibrio en la población de interés; donde se quiere establecer y mantener los criterios relevantes para mejorar la calidad de los servicios en la relación entre prestadores y personas que hacen uso de este, como lo menciona la Comisión de Regulación de agua y saneamiento básico (CRA, 2007). Para hablar de Saneamiento Hídrico en Colombia es necesario abordar dos enfoques, la política ambiental y el desarrollo institucional de los servicios públicos domiciliarios (Cabrera, 2003).

Es importante resaltar el orden normativo y el desarrollo legal teniendo en cuenta el enfoque ambiental sobre el saneamiento básico y el agua potable relacionando el código nacional de los recursos renovables y protección del medio ambiente o ley 2811 de 1974, decretos como 1594 de 1984, donde se reglamenta las tasas tributarias y de igual manera la constitución del 1991, la ley 99 de 1993, consideradas como base normativa para la regulación actual en el país, como la ley 1977 del 2019 por la cual modifica parcialmente la ley 1176 en lo que respecta al sector de agua potable y saneamiento básico, teniendo en vigencia el decreto 0580 del 2020 las medidas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, en el marco de la emergencia social y económica, basado en el decreto 0465 de 2020, donde se adiciona al decreto 1076 del 2015 como decreto único reglamentario relacionado con el sector del ambiente y desarrollo sostenible respecto a la prestación de servicios dentro del marco de la pandemia COVID-19, teniendo en cuenta esto se

definen los indicadores, variables y ponderadores a criterio de la gestión Sectorial de agua potable y saneamiento básico por la resolución 0501 de 2020 en vigencia a 2021 y 2022, sin dejar de lado el CONPES 3810-2014 el cual declara las políticas del suministro de agua y saneamiento básico a nivel rural , de igual manera el CONPES 3177, sobre los lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales , aprobado en el 2002 y dando los lineamientos para los Planes Nacionales de Manejo de Aguas residuales y la resolución 1433 de 2004 de orden nacional donde se generan los planes de saneamiento y tratamiento de vertimientos PSMV (Min Vivienda, 2020).

En relación con la identificación de necesidades respecto a las guías y herramientas para unificar el ordenamiento y la administración del recurso, se establecieron los Planes Nacionales de Gestión Integral del Recurso Hídrico PNGIRH, esto fue desarrollado por el Decreto 3930 de 2010 y compilado en el decreto 1076 de 2015, ya que se consideraba a la cuenca como la fuente de gestión para establecer las medidas de acción para la planeación de uso sostenible del recurso (MADS, 2010).

Teniendo esta información sobre el marco legislativo antecedido a la época actual, es importante resaltar los Objetivos del milenio, ya que son los que dan prioridad y control en el desarrollo de este sector, estableciendo los criterios para ejecutar proyectos a nivel nacional implementando los sistemas de tratamiento de aguas residuales como de agua potable, de igual manera aspectos regidos por el desarrollo institucional, normativo y legal de los servicios públicos. Por último, es importante mencionar el programa SAVER, tiene como finalidad generar inversiones en las cuencas más contaminadas por los vertimientos de aguas residuales en los municipios, para así

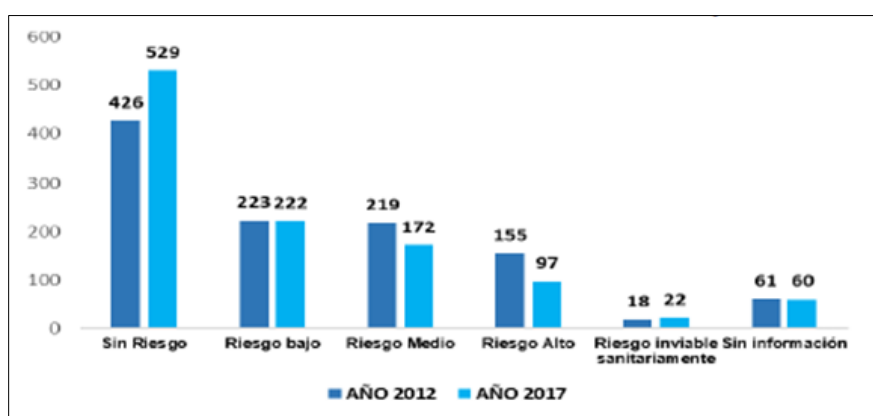
reforzar de manera solidaria la calidad de agua en el país dando cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El saneamiento básico en Colombia presenta grandes avances al paso del tiempo, en referencia al Plan Director de agua y saneamiento - visión estratégica 2018 -2030, este documento considera que los servicios de alcantarillado y acueducto tienen una evolución relevante en aspectos como la calidad y la cobertura en las zonas urbanas, pero contrasta con la deficiencia en la zona rural de algunos municipios a nivel nacional (MINVIVIENDA, 2018). Hay varios indicadores respecto a la información relacionada con los Objetivos de desarrollo sostenible ODS, presentando valores de cobertura de 97,4% en la zona urbana y el 73.2 % en suelo rural en acceso a agua potable y respecto cobertura domiciliaria de alcantarillado es de 92,4 % en la zona urbana y 70,1 % en la parte rural. Estos valores extraídos del departamento nacional de planeación y el ministerio de vivienda (MINVIVIENDA, 2018).

Juan P. Rodríguez Miranda, César A. García Ubaque y Juan C. García Ubaque en 2016, mencionan en su artículo Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia, que el 10 % de la población mundial riegan sus alimentos con aguas no tratadas y el 32 % no tiene acceso a servicios domiciliarios públicos, lo cual genera una mortandad relacionada con el saneamiento básico y la higiene. En Colombia se ha incrementado la cobertura con el paso del tiempo según Cabrera, donde el 75% es de acueductos y el 60 % alcantarillado (Cabrera, 2003). La descarga de agentes externos al cauce deriva vertimientos que afectan las poblaciones aledañas, que causan una externalidad desfavorable, ya sea producto de la industria, comercio o agricultura, donde al llegar a la residencia ya sea urbana o rural derivan problemas de salud relacionados con un origen hídrico ya sea colera, hepatitis y otras enfermedades relacionadas.

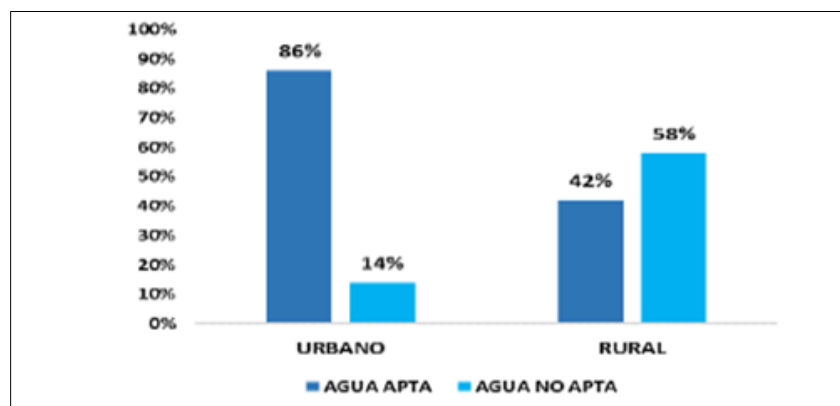
Teniendo en cuenta el decreto 1575 de 2007, como lo menciona el Plan director de agua y saneamiento, se puede evidenciar un registro de la calidad del agua en el periodo comprendido del año 2012 al 2017, donde menciona la mejora de la zona urbana en 529 municipios no presentan Riesgo de Calidad de Agua, se puede considerar que el 86,11 % cuentan con un servicio de calidad y el 11,56 % presentan un riesgo de calidad. (MINVIVIENDA, 2018).

**Figura 1. Evolución del IRCA entre 2012 y 2017**



Fuente. Sistema de Servicio Domiciliarios Públicos. extraído de Plan director de agua y saneamiento básico 2018-2030.

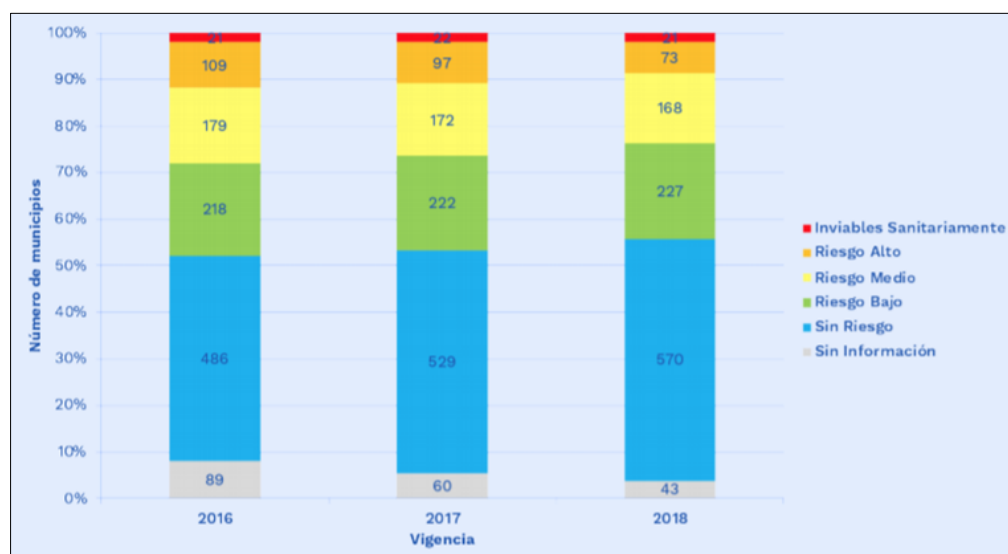
**Figura 2. Porcentaje de la población urbano/rural con IRCA sin riesgo 2017**



Fuente. Sistema de Servicio Domiciliarios Públicos. extraído de Plan director de agua y saneamiento básico 2018-2030.

Según el programa SAVER las aguas residuales tratadas en Colombia, para el 2018 según la SSPD y el MVCT es del 42,8%, el restante son los municipios que no presentan Sistema de tratamiento de aguas residuales, según el último informe sobre la calidad del agua sectorial, menciona que en la vigencia de 2016 a 2018, 570 municipios no presentan un riesgo por su consumo , por otra parte para el 2016 con un total de 109 municipios presentaban un alto riesgo, para el 2018 , ha disminuido ese valor a 73 municipios , y 168 municipios de riesgo medio, según SIVICAP 43 municipios no presentan datos o reporte alguno sobre su estado , como lo evidencia la Figura 3 (MVCT, 2018).

**Figura 3. Riesgo según su consumo año de 2016 a 2018**

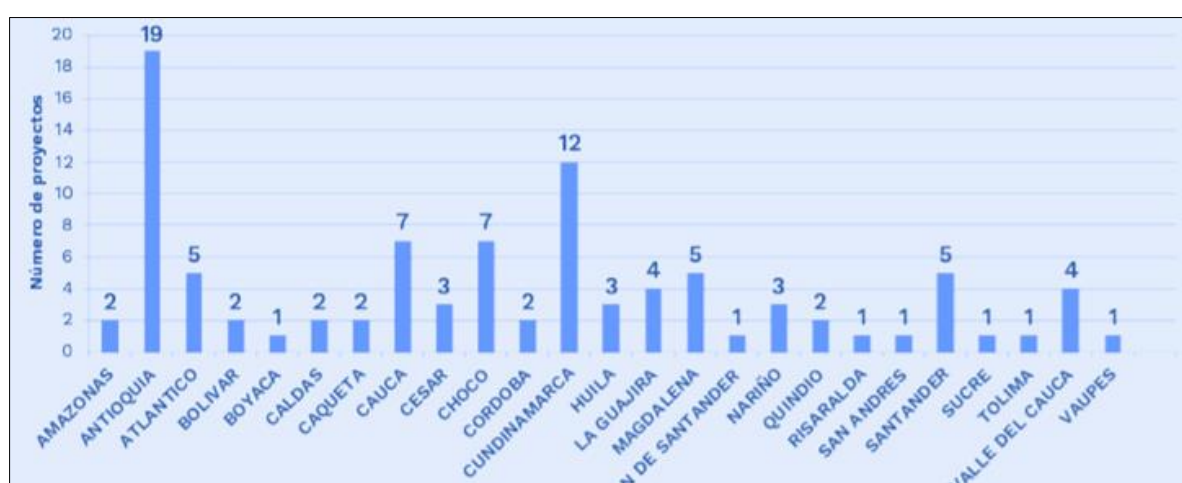


Fuente. Sistema de Servicio Domiciliarios Públicos. SIVICAP. extraído de Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2018

Podemos evidenciar la información relacionada con los niveles de calidad a nivel rural y urbana por proyectos terminados en el periodo 2018, donde se evidencia que presenta un mayor valor en el número de proyectos terminados en las urbes, debido a la gran demanda ,de igual manera en el

Informe nacional de calidad de agua para el consumo humano 2018, menciona que la inviabilidad sanitaria de la calidad del agua no se relaciona con la infraestructura sino con la sostenibilidad de los puntos y operaciones en los suministros, tanto de alcantarillado como de acueducto, en la Figura 4, se puede evidenciar el número de proyectos relacionados con la calidad y agua potable para cada departamento. (MVCT, 2018)

**Figura 4.** *Número de Proyectos terminados por departamento 2018*

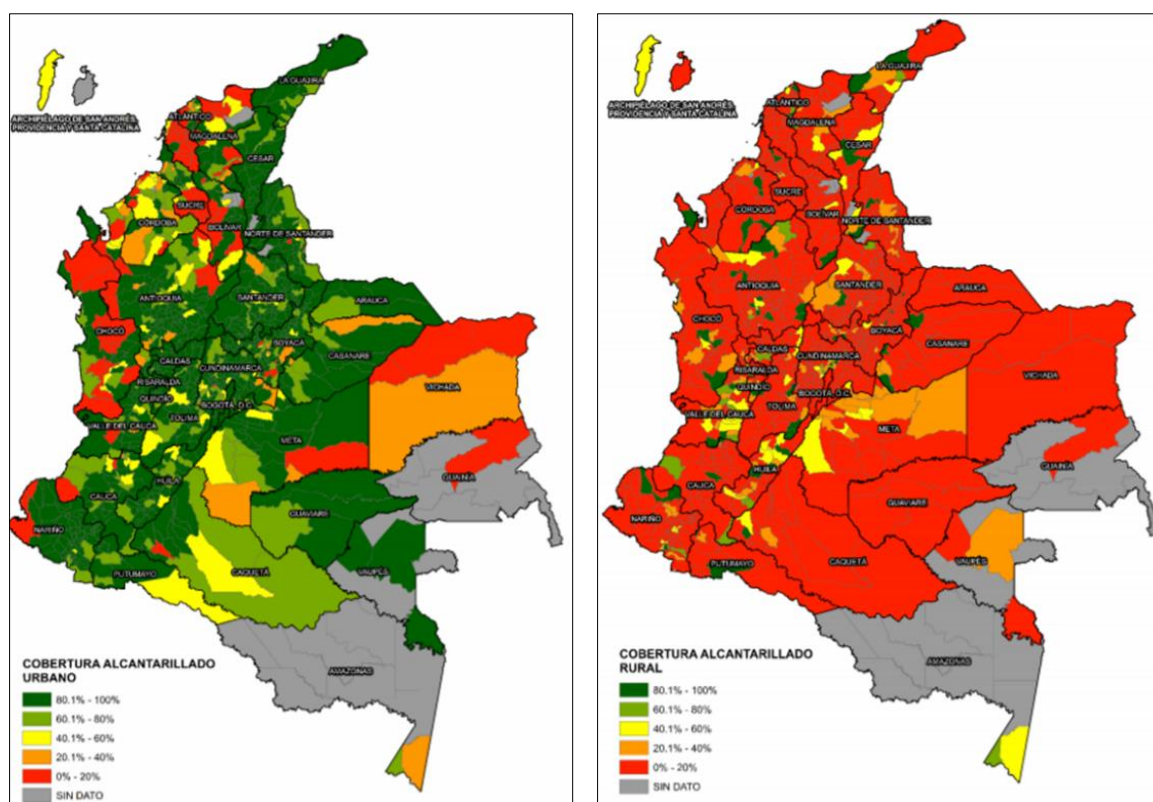


Fuente: SIVICAP. extraído de Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2018

Es importante resaltar la situación actual sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales y la cobertura de alcantarillado; para contextualizar sobre el panorama nacional de acuerdo con lo reportado en el año 2018 el 82,84 % cuenta con cobertura de alcantarillado en la zona urbana y 14,36 % para la zona rural como se puede evidenciar la Figura 5 la esquematización del panorama nacional en relación con la cobertura respecto al alcantarillado, por otra parte es relevante contar con el registro sobre los inventarios de los sistemas de tratamiento de agua residual (SSPD, 2019); El inventario de STAR para el año 2017, se identificaron 682 STAR desconociendo el estado de soporte de su evolución (SSPD, 2018). Según el documento publicado por superintendencia de

servicios públicos domiciliarios en su último informe en 2018, el panorama nacional cuenta con 699 STAR (SSPD, 2019).

**Figura 5.** Cobertura del sistema de alcantarillado a nivel nacional sector urbano y rural



Fuente. SSPD, 2019. Cobertura urbana y rural del servicio público de alcantarillado para el año 2018

Teniendo en cuenta la información anterior en cifras estadísticas de los últimos años en relación, se evidencia que es de gran importancia la mejora continua en el saneamiento básico y agua potable a nivel nacional, por esta razón se vinculan estrategias, metodologías y formas a través de los sistemas de información geográficos, los softwares y herramientas como HEC RAS, HEC HMS, ARC GIS, Extensiones GIS y de Sistemas de Información Geográfico.



En muchos de los proyectos toman como base fundamental el desarrollo de sistemas de información geográfico y software, estos son tenidos en cuenta para el manejo de datos, mejoramiento de plataformas, esquematización, simulaciones y modelación en algunos casos. En la actualidad es uno de los mayores avances en la manera de presentar y asistir de manera general los documentos base municipales, haciendo referencia a Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Gestión, PSMV y otros documentos relacionados (Barrero, 2010).

Sistemas como CAD que funcionan para el diseño y los sistemas de procesamiento de información como ARCGIS o algunos similares. Las tecnologías SIG, van de la mano con estas herramientas y software, de igual manera se busca optimizar aquellos procesos que antes se realizaban de manera manual para aumentar los niveles de eficiencia (Barrero, 2010). Los SIG tiene un papel importante en la definición del futuro para las poblaciones y lugares, donde se evidencia la distribución del espacio respecto a las estrategias de coordinación de los deberes del gobierno (Ossa & Estrada, 2009).

El desarrollo de departamentos y municipios en la actualidad, la demanda de proyectos por solucionar las problemáticas o describir las generalidades de estos territorios , muchos proyectos ya sea de origen privado o público establecen criterios de implementación o ejecución, donde las condiciones de búsqueda y selección de lugares requieren especificaciones claves de localización , dicho esto, los sistemas de información y software vinculan la manera de esquematizar y analizar la selección de dicha distribución logrando mostrar la realidad actual (Barrero, 2010). Los sistemas de información según el departamento Sistema de información geográfica se enfocan en la dirección provincial del ordenamiento urbano y territorial. En 2011 definen la funcionalidad de los sistemas de información como aquellos componentes para el tratamiento de la información, donde

el almacenamiento, organización y tratamientos de datos, con la finalidad de dar resultado en las fases de desarrollo de cada proyecto, estos SIG actúan como bases de datos ya sea para la automatización o programación de la descripción espacial de las zonas de estudio, brindando un desarrollo adecuado de la información (DSIG, 2011).

De igual manera la información de esta sección también es orientada a las competencias y funciones de investigación, por lo cual es importante resaltar las condiciones para la evaluación dinámica del recurso hídrico sobre la modelación hidráulica e hidrológica, a partir de esto se establece la contextualización y la aplicación enfatizando en las diferentes técnicas, procedimientos y modelos implementados en las investigaciones ya realizadas, para así profundizar en aspectos relacionados con la teoría y el desarrollo de la modelación (IDEAM, 2018).

A partir del concepto holístico del entorno natural, se quiere identificar la importancia del recurso hídricos, ya que este es determinante para el sector social y económico, por lo tanto, involucra el aprovechamiento de los modelos y cambios climáticos demográficos para así establecer las condiciones viables para la administración adecuada de la gestión del recurso hídrico, en referencia con los artículos en el enfoque estudiado (IDEAM, 2018).

Estudios realizados a nivel mundial relacionan los modelos de dinámica hidráulica de los cauces en zonas de alto riesgo de inundación o para la disposición de estructuras, a partir de la modelación con herramientas como HEC-RAS y los Sistemas de información Geográfico, continuamente se han venido desarrollando nuevos estudios para definir los caudales, manchas de inundación y las alternativas de prevención frente a crecientes de las zonas de estudio y Planes de monitoreo y vertimientos , modelos de calidad de agua , por lo cual su principal función es la creación de escenarios de predicción a través del tiempo para mejorar las condiciones socioeconómicas ,

culturales del país (IDEAM, 2018). A partir de esto se toma como referencia varios artículos, los cuales describen metodologías, calibración, validación y métodos los cuales aportan información para su finalidad.

Los artículos en relación mencionan las diferentes finalidades y aportes que son de importancia para la consolidación del uso de la herramienta. Estudios como el de Junna Wang et all en 2018, en su artículo Application and evaluation of the HEC-RAS – riparian vegetation simulation module to the Sacramento River, el cual menciona la aplicación de hec-ras RVSM para el modelado de los cambios espaciales y temporales de vegetación, durante un período de ocho años y así evaluar su capacidad para predecir interacciones entre flujo y la vegetación dinámica en el río sacramento. Este artículo da como resultado, que el modelo de vegetación del Río Sacramento fue capaz de predecir el aumento y disminución de las tendencias de los principales tipos de vegetación en el periodo de 8 años, de igual manera, se identificó que a partir de mapas; en base a esto los resultados del modelo, indican previamente que el área de alarma incrementa aproximadamente un 10% entre 1999 y 2007 en relación con la vegetación (Wang et all, 2018). La información de relación del flujo y comportamiento de inundaciones es de importancia verificar el enfoque del proyecto ya evidencia las diferentes formas de implementación de la herramienta HEC RAS, de igual manera no se descarta la posibilidad de encontrar una fuerte conexión con las inundaciones, lo que fundamenta en las alteraciones de los modelos a emplear (Wang et all, 2018). Otro enfoque relacionado al uso de HEC-RAS para predicciones de inundaciones a través del tiempo de una zona determinada, El artículo desarrollado y realizado por S.A. Mohammadi et all en 2014 definido como Flood damage estimate (quantity), using HEC-FDA model. Case study: the Neka river nos da una visión sobre la simulación de condiciones hidráulicas, donde se determinaron las zonas propensas a inundaciones para diferentes períodos de retorno; La investigación se ubica en la predicción de tiempo del

intervalo de 2013 a 2045 para los seis periodos de retorno, se relaciona su metodología a partir de los datos de entrada, los mapas topográficos, Imagen de elevación digital en formato TIN y estudios fisiográficos de la zona de estudio, para así servir como entrada en el modelo HEC-RAS y la herramienta FDA (Mohammadi et al, 2014), como resultados de la investigación se establecen los escenarios futuros de 2, 5,10, 20, 25, 50 ,100 y 200 años con los métodos de Cowen para así implementarlos en HEC RAS y HEC FDA en las simulaciones de zona residencial y no residencial dependiendo el desgaste en el paso de los años , para así mencionar que se pueden obtener mapas de riesgo usando la doctrina de análisis de riesgo y zonificación de inundaciones, es importante resaltar que el artículo presenta algunas falencia debido a la calibración, validación del modelo implementado (Mohammadi et al, 2014).

Por otra parte, investigaciones como Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS GIS tools: Case of the Medjerda river, Tunisia realizada por C. Ben Khalfallah, S. Saidi postulada en el Journal of African Earth Sciences en 2018, esta investigación busca estimar la mancha de inundación en las llanuras del río Tunisia, con el fin de crear planes de manejo para el riesgo de inundación. Basado en los datos de observación a largo de 1981-2015, medidos en la estación de Slouguia, la especificidad del modelado usando en HEC RAS, es integrar los datos shapefile sin problemas ya que pueden permitir explotar y actualizar los datos existentes; en cuanto a la definición del modelo recae en utilizar un formato TIN para la entrada del modelo HEC-RAS, donde hay varias reglas y procedimientos en el manual de Hec GeoRas (Khalfallah & Saidi, 2018).

HEC-RAS se encarga de digitalizar o crear los componentes de geometría del río. El cual permite el mapeo de la zona de inundación, el modelo digital de elevaciones (TIN), el esquema de extensión plana inundación y la profundidad de agua simulada, por cual es importante resaltar la

calibración y validación ya que es utilizado el hidrograma durante las temporadas de inundación en 2015 (Khalfallah & Saidi, 2018). El estudio da como resultado que la inundación calculada por medio de software Hyfran para diferentes períodos, se utiliza para delimitar las zonas de inundación de igual manera resalta que las características climáticas, físicas e hidrológicas ya que son los principales factores que controlan las inundaciones frecuentes para diferentes períodos de retorno (Khalfallah & Saidi, 2018). Debido a que la investigación cumple con cada uno de los criterios establecidos para una modelación hidrológica e hidráulica, se resalta el análisis de esta investigación en cuanto a la calidad de calibración, validación e incertidumbre, también el análisis en relación con los periodos de retorno y las variables hidrológicas y climáticas que nos pueden guiar en la fundamentación del proceso de aprendizaje durante la pasantía.

Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event, es un artículo desarrollado por M.R. Knebl, et all, 2005 donde la investigación demuestra los principales objetivos de esta investigación, el primero se basa a partir del desarrollo de un modelo hidrológico de la cuenca del río San Antonio para así llevar a cabo el análisis de datos de precipitación mediante NEXRAD y la generación de la mancha de inundación por medio de HEC-RAS para ser comparada con la mancha identificada por imagen satelital, donde nos da a conocer que las propiedades de la cuenca influyen en la construcción de la discusión en proceso debido a que las grandes áreas disminuyen la precisión del modelo y las diversas resoluciones establecen las condiciones de escurrimiento lo cual deriva los problemas y errores en los hidrogramas, como resultado nos da a conocer la sobreestimación de los modelos (Knebl, et all, 2005).

Las investigaciones realizadas permiten fortalecer las bases teóricas de nuestra investigación, de ese modo es importante ampliar aún más las investigaciones relacionadas con los modelos hidrológicos, es necesario reconocer investigaciones útiles para estudios básicos de consultoría e investigaciones que permitan realizar toma de decisiones y adecuadas predicciones. En este caso la investigación Integrating GIS and HEC-RAS to model Assiut plateau runoff. Estudio realizado por Hesham Ezz 2018; tiene como objetivo estimar las posibles profundidades y velocidades del agua, que pueden ocurrir en inundaciones, con el fin de determinar el mejor diseño de la carretera para proveer seguridad, en la zona montañosa de la meseta Assiut en el suroeste de Egipto, el estudio realizado implementó un modelo no calibrado, esto ocasionado por la falta de información hidrometeorológica. La investigación utilizó un modelo de escorrentía, que se construyó a partir de metodología de suelos, el cual fue aprobado por el código egipcio (ECP 2008), la investigación realizó la respectiva visita a campo con el fin de reconocer las características de la cuenca, posteriormente se determinaron los parámetros morfométricos, derivados a partir de modelos de elevación digital DEM, la utilización de sistemas de información geográfica (GIS) para la respectiva construcción del modelo hidrológico es importante resaltar que al modelo empleado no se realizó ningún proceso de calibración, análisis de sensibilidad y evaluación de incertidumbre, el modelo utilizado generó adecuadas estimaciones sobre la magnitud en las rápidas inundaciones, incluyendo las velocidades del agua y profundidades de esta misma a través de la extensión HEC-RAS. La investigación utilizó dos eventos de lluvia registrados en el área de estudio, posteriormente generaron las respectivas simulaciones en un periodo de retorno de cincuenta años. Los resultados obtenidos de la investigación podrían ser de ayuda a los tomadores de decisiones en la protección de proyectos.

Uno de los factores regionales que se deben tener en cuenta en el momento de generar sistemas de integración en procesos investigativos los cuales tengan variables y factores determinantes en la disposición de las herramientas de origen hidrológico, como uno de los factores de mayor importancia está en la compactación de las características regionales que se deben establecer como pilar fundamental de entendimiento de las zonas en cuales se generan las curvas IDF, de esta manera se logran sincronizar los factores que se dan entre las interpolaciones matemáticas unidas a los procesos que se dan con los datos captados en campo, y que al procesarse puede generar mejores resultados y niveles de confiabilidad estructural para la parametrización regional, con estos métodos de estandarización se pueden dar datos y estimaciones específicas que puedan dar resultados indicados de duración y precipitación eficaz tal y como se plantea en los diferentes proyectos realizados en el departamento de Boyacá (Castellanos, 2014).

Con base a lo investigado anteriormente, se relaciona un enfoque respecto al área de intervención durante el proceso de desarrollo de la práctica profesional desempeñando cada una de las actividades pertinentes para contribuir a mejorar los indicadores y las cifras actuales a nivel nacional sobre el saneamiento básico y agua potable, enfocados en Planes de saneamiento y manejo de vertimientos, Estudios de Riesgo respecto a Inundaciones, Modelamiento y simulación ambiental relacionados con la calidad del recurso hídrico.

### 3.3 MARCO CONTEXTUAL

P&S Asociados S.A.S empresa consultora, tiene como misión ***“Garantizar la calidad y mejoramiento de las condiciones de vida y de manejo de los recursos, a partir de los proyectos que guían en su ejecución, cumpliendo y definiendo aquellas normas complementarias que contribuyen al desarrollo, teniendo en cuenta cada uno de los enfoques posibles y viables en el área hidrológica e hidráulica a nivel nacional , entendiendo el ambiente y el desarrollo como un espacio para contribuir con la calidad y optimización de recursos”***

P&S Asociados S.A.S tiene por objetivo satisfacer las expectativas de los clientes, colaboradores, proveedores y comunidad en general, llevando a cabo proyectos de consultoría en el área de saneamiento básico, acueductos, alcantarillados, sistemas de tratamiento de aguas de consumo y aguas residuales, diseño de redes hidrosanitarias para edificaciones, redes contra incendio, redes de gas, obras de drenaje en vías, con la mejor calidad, y entregando un óptimo servicio de respaldo para el mercado nacional y global.

De igual manera, esta empresa quiere busca alianzas con entidades de educación superior para el crecimiento intelectual y profesional de estudiantes con el perfil adecuado y capaz de responder con aquellos requerimientos necesarios para la empresa, resaltando el valor del estudiante pasante como medio para el desarrollo de proyectos en diversos campos, que contribuyen al crecimiento de la sociedad dentro de la dependencia y oportunidad que generan dichas actividades ante las empresas de carácter privado o público, evidenciando en la comunidad y en los clientes, buenos resultados favorables para el manejo del recurso y los diversos enfoques que la empresa quiere manejar.



### **3.4 MARCO TEORICO**

Esta sección describe, la información aportada por la empresa P&S Asociados como la teoría necesaria para la solución de los objetivos planteados en este informe y durante el tiempo de la práctica profesional.

#### **3.4.1 TEORIA BALANCE HIDRICO**

Basados en la información e importancia del balance hídrico, esta radica en la capacidad de suministrar a las comunidades dicha información, con la finalidad de obtener un beneficio al cuidado del lumbral de caudal ecológico y mínimo necesario para las condiciones óptimas de calidad de agua a nivel social.

La finalidad de los datos de precipitación media a nivel multianual y los métodos relacionados para la construcción del balance hídrico, se enfocan en la manera útil de analizar los parámetros morfológicos y climáticos de la zona de estudio, de los que se obtienen los índices de déficit y superávit, estableciendo los parámetros determinantes para la relación de los caudales secos, indicando la precipitación como un dato fundamental para el balance y los valores de entrada del modelo de calidad. (Suescun & africano, 2018).

##### ***3.4.1.1 Ecuación de Balance Hídrico***

El estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido por nosotros como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua

almacenada. (Sqkolov & Chapman, 1981). La ecuación de balance hídrico es útil para cualquier zona o cualquier cuerpo de agua, donde se identifican los valores de entrada y salida, en relación con los volúmenes de almacenamiento, por otra parte, se definen las entradas como la Precipitación, las aguas subterráneas y superficiales, las salidas comprenden las corrientes superficiales y subterráneas.

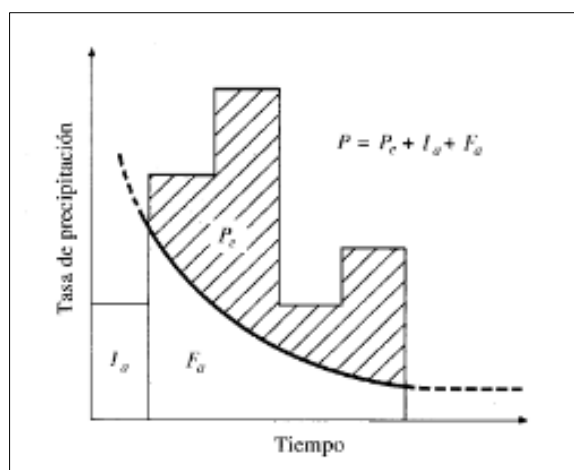
#### **Ecuación 1. Balance Hídrico**

$$P + QsI + QuI - E - Qs0 - Qu0 - \Delta S - v = 0$$

#### **3.4.1.2 Método SCS - Precipitación Efectiva**

Este es un método para determinar las abstracciones de precipitación de un evento índices máximos, se define para este método una escorrentía directa o precipitación efectiva donde en su mayoría es menor a la precipitación, después del inicio del evento se genera una abstracción (S) a partir de la profundidad (Fa). En este método se tienen en cuenta las siguientes fórmulas para determinar la precipitación Efectiva y en base a la condición (Ven Te Chow, 1994)

**Figura 6.** Tasa de precipitación efectiva en relación con el Tiempo



Fuente: Ven T Chow et all, 1994

**Ecuación 2. Precipitación efectiva**

$$(1) Pe = \frac{(P-I_0)^2}{P-I_0+S}$$

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

Con base a las ecuaciones de escorrentía, los números de curva mencionan las condiciones antecedentes de humedad, teniendo en cuenta la tabla denominada ***Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvias del SCS*** en pulgadas o en mm respecto a un CN2 el cual se encuentra en las Tablas ***Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a=0.2s$ )*** (Ven Te Chow, 1994). Se deben tener en cuenta los grupos de clasificación con base al tipo de suelo.

**Ecuación 3. condiciones antecedentes de humedad**

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

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

**3.4.1.3 Evaporación Método de Thornth waite**

Se determina a partir del método de Thornth waite 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.

Se calcula un índice de calor mensual y de igual manera un índice de calor anual.

**Ecuación 4. índice de calor mensual**

$$(1) i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

**Ecuación 5. índice de calor anual**

$$(2) I = \sum i$$

Se calcula una ETP mensual Sin corregir mediante la siguiente formula. Teniendo en cuenta ETP sin corregir = ETP mensual mm/mes, para 30 días y 12 horas del sol (teóricas); t=Temperatura media mensual; I=Índice de calor anual y una constante a.

**Ecuación 6. ETP mensual Sin corregir**

$$(3) ETP \text{ sin corregir} = 16 \left(\frac{10t}{I}\right)^a$$

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

Corrección según el número de días del mes y el número de horas del sol (Referencia de la tabla es según Allen et al, 1998.)

**Ecuación 7. Corrección según el número de días del mes y el número de horas del sol**

$$(4) ETP \text{ sin corregir} = ETP \text{ sin corregir} \frac{N}{12} \frac{d}{30}$$

**3.4.1.4 Infiltración, Reserva De Humedad, Percolación, Escorrentía Subterránea**

**Infiltración:** Precipitación Media (mm) - Precipitación efectiva (mm)

**Reserva de Humedad Inicial:** Se determina a partir del mes anterior, para este caso se inició con una reserva de 69.

**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.

#### **Ecuación 8. Reserva de Humedad Final**

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

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

**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)

### **3.4.2 TEORIA LONGITUD DE MEZCLA**

La zona de mezclas o longitud de influencia ocurre la dilución del efluente por procesos hidrodinámicos, Según la Autoridad Nacional de licencias ambientales (ANLA) la zona de mezclas

es aquel volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, dejando aun la consideración factores de decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

Con respecto a lo anterior y de acuerdo con el numeral 38 del artículo 2.2.3.3.1.3. del Decreto 1076 de 2015, “La zona de mezcla es la zona técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.” De tal forma que la estimación de la extensión de la zona de mezclas es necesaria para delimitar el punto a partir del cual las autoridades deben realizar el respectivo control de los criterios de calidad y a su vez, hasta qué punto se deben extender las limitaciones del uso del agua.

Finalmente, los criterios de calidad del recurso hídrico, las autoridades ambientales competentes son las que realizaran el control de los criterios de calidad por fuera de la zona de mezcla, la cual será determina para cada situación específica por la respectiva autoridad, la cual deberá tener en cuenta lo dispuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. (Artículo 23, Decreto 3930 del 2010).

Según la Autoridad Nacional Junto con la FAO, determina la restricción de la longitud de la Zona Mezcla en el caso de toma de agua o uso de aguas abajo y en proximidad del vertimiento de aguas residuales tratadas, la restricción se considera que la longitud de la zona de mezcla se define también el punto de control de los estándares de calidad del Agua. La longitud de la zona en mezcla no debería ser mayo de 500 metros.  **$L_m \leq 500$  Metros.**

### **3.4.2.1 Ecuaciones Semi-empíricas**

Para el cálculo de la extensión de la longitud de mezcla aguas abajo del vertimiento para un flujo turbulento, se utilizó la ecuación semi-empírica estudiada por Ruthven y Fischer y otros (ASTM, 2003), debido a su concordancia con las observaciones en campo y método utilizada por el USGS de Estados Unidos y Muchos Organismos Ambientales. (Kilpatrick y Coob, 1989).

### **3.4.2.2 Ecuación Fisher**

El cálculo de la distancia desde el punto donde ocurre el vertimiento para completar la mezcla es un tópico relativamente complicado cuyo efecto debe estar determinado por trazadores, el orden de magnitud de la distancia desde una fuente puntual a la zona de mezcla completa puede ser simplificado teniendo en cuenta lo propuesto por Fisher (1979) la ecuación propuesta para determinar el coeficiente de dispersión lateral es:

#### **Ecuación 9. Ecuaciones Fisher**

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

Para una descarga realizada desde la orilla, la magnitud de mezcla será:

#### **Ecuación 10. magnitud de mezcla**

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

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

En las ecuaciones anteriores las variables son:

*v*: Velocidad Promedio m/s

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

$B$ : Ancho Promedio m

$H$ : Profundidad promedio, m

### 3.4.2.1 Ecuación de Ruth ven

Esta ecuación semi-empírica, ha sido estudiada por Ruthven, se basa en el conocimiento de la velocidad media del cauce,  $U$  su ancho medio,  $W$ , y el coeficiente de transporte transversal  $E_y$ :

**Ecuación 11.** Ecuación De Ruthven

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

Cuando el vertimiento del soluto considerado se hace sobre la orilla y/o lateral del canal, vale  $K=0.4$ . No obstante la relativa sencillez de la formula, su aplicación práctica dista mucho de ser directa, pues, aunque el coeficiente de proporcionalidad  $k$  es de estimación sencilla, el coeficiente transversal de difusión,  $E_y$  por lo general no se conoce con métodos directos y debe calcularse con la siguiente expresión:

**Ecuación 12.** coeficiente transversal de difusión

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

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



**Ecuación 13. Velocidad Cortante**

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

h: Profundidad Promedio

$U^*$ : Velocidad Cortante

### 3.4.3 TEORIA DE TRASPOSICION DE CAUDALES

Se aplicó el método de transposición de caudales, para estaciones que no se encuentran situadas en el punto de desembocadura de la cuenca (salida); esta ecuación permite estimar el caudal en el punto de interés teniendo en cuenta el caudal de la estación limnométrica o hidrológica más cercana y la relación entre el área de la cuenca de estudio y el área que representa la estación respectiva (Invias, 2009).

#### 3.4.3.1 Ecuación de Transposición de Caudales

**Ecuación 14. Transposición de Caudales**

$$Q_{sp} = Q_{eh} * \left(\frac{A_{sp}}{A_{eh}}\right)^x$$

Donde:

$Q_{sp}$ : Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

$Q_{eh}$ : Caudal en la estación hidrométrica, en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

$A_{sp}$ : Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados ( $km^2$ ).

$A_{eh}$ : Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica, en kilómetros cuadrados ( $km^2$ ).

El exponente  $x$  es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75 y se selecciona dependiendo de la cantidad de datos disponibles en la investigación.

### **3.4.4 TEORIA MODELO DE CALIDAD**

Para la modelación de calidad del cuerpo de agua, se estableció un modelo denominado QUAL2K, el cual es especialista en este tipo de sistemas. En la anterior figura se presenta los límites del sistema desde el límite aguas arriba del vertimiento de la PTAR del municipio hasta aguas debajo de este mismo vertimiento de la descarga proyecta de la PTAR como sistema de tratamiento de aguas residuales sobre la Quebrada Apacible. A continuación, se da una breve contextualización del modelo.

El análisis del comportamiento de calidad del cuerpo de agua se establece bajo dos escenarios principales: en el primero, se realiza la incorporación y conceptualización de la unificación de vertimientos para verificar el escenario en el cual se genera tal unificación sin contar con algún tratamiento de aguas residuales, lo anterior se realiza haciendo uso de las condiciones más críticas relacionadas con el efluente.

En el segundo escenario se genera la disposición de un tren de tratamiento en el vertimiento relacionado y se determina los impactos generados como consecuencia de la no disposición de un sistema de tratamiento, así como la estabilización que produce la incorporación de este mismo en el efluente.

### 3.4.4.1 Herramientas de modelación Qual2k

El programa computacional QUAL2K, es una herramienta computacional desarrollada en una interfaz de Microsoft Excel, empleando el lenguaje Visual Basic. Excel es usado como la interface gráfica del usuario para alimentar los datos de entrada (Kannel et al, 2007). QUAL2K simula numerosos parámetros de calidad de agua, como Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Suspendidos Inorgánicos (SSI) Temperatura, OD, DBO de descomposición rápida (DBOr), DBO de descomposición lenta (DBO5), Nitrógeno Orgánico (NO), Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) Fósforo Orgánico (FO), Fósforo Inorgánico (FI), Fitoplancton, Detritos, Patógenos, Alcalinidad, Carbón inorgánico, algas y pH. El modelo fue modificado para este estudio, debido a que el rango de concentraciones de patógenos en el Río superaba los límites máximos del modelo original. El modelo QUAL2Kw emplea una ecuación general de balance para la concentración de un constituyente  $C_i$  en la columna de agua (excluyendo la zona en la cual se encuentran los sedimentos saturados de agua debajo y a los lados de los ríos) de un tramo  $i$ . Los términos de transporte y carga para la modelación de las algas en el fondo son omitidos en la ecuación de balance de masa (Kannel, 2007).

#### Ecuación 15. balance de masa

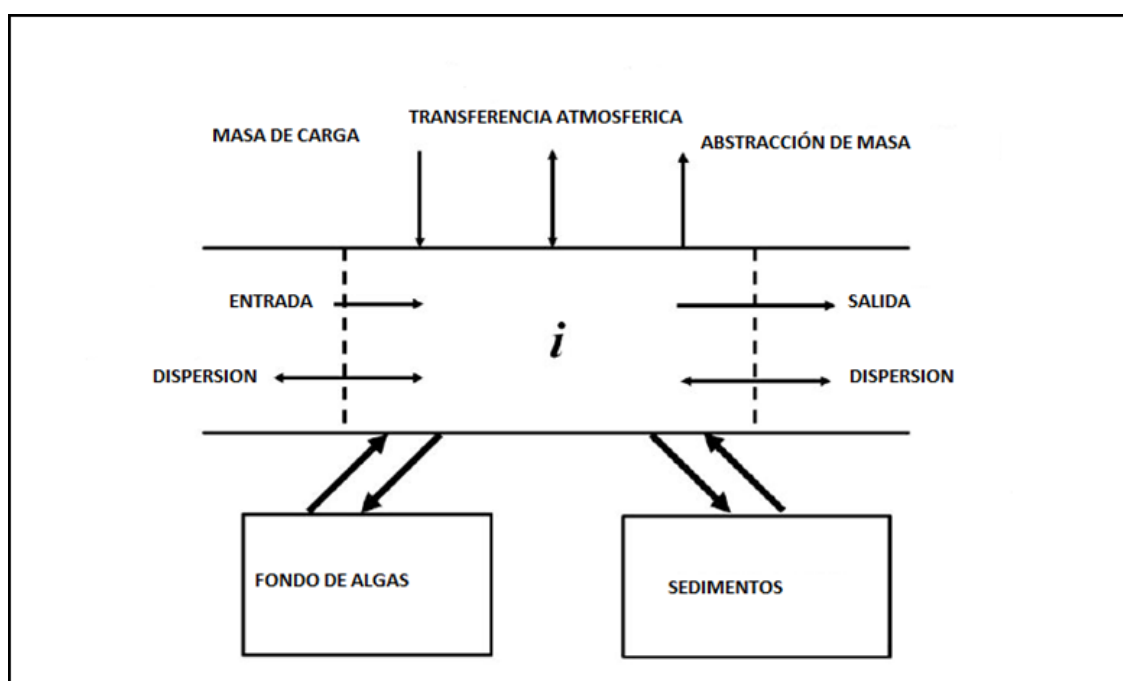
$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q_i - I}{V_i} C_i - I - \frac{Q_i}{V_i} C_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} C_i + \frac{E_i - I}{V_i} (C_i - C_i) + \frac{E_i}{V_i} (C_i + I - C_i -) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

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 [ $d$ ].

En la Figura 7 evaluada a continuación, se muestra un esquema en el que se describe el balance de masa en un segmento de tramo.

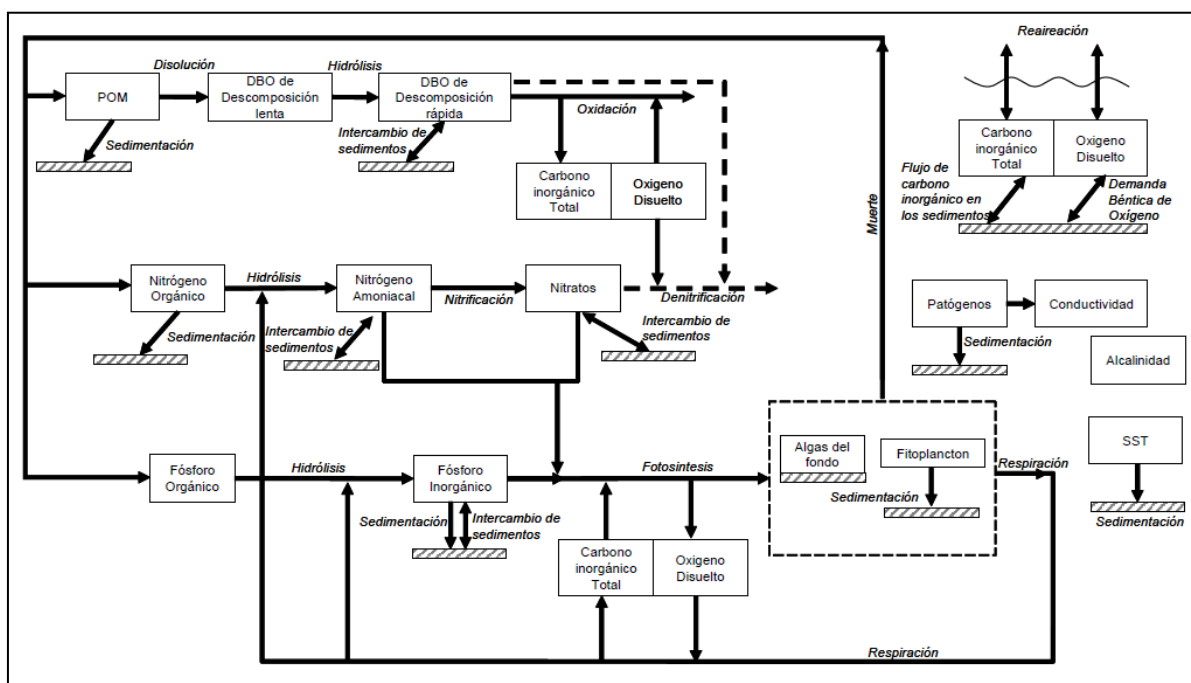
**Figura 7.** Balance de masa en un segmento de tramo



Fuente: Pelletier et al, 2006

En la Figura 8, se muestra el diagrama del modelo cinético y de los procesos de transferencia de masa que emplea QUAL2K, en el cual se pueden observar las diferentes relaciones que existen entre las variables de calidad del agua.

**Figura 8.** Modelo cinético y procesos de transferencia de masa considerados en QUAL2K.



Fuente: Chapra y Pelletier, 2006.

### 3.4.5 TEORIA RESOLUCION DE PLAN SE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE VERTIMIENTOS

#### 3.4.5.1 Definición y Contenido de PSMV según la Normativa vigente

*“Resolución 1433 del 2004: Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre los planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV y otras terminaciones.”*

PSMV (Planes de Saneamiento y Monitoreo de Vertimientos): Este es un grupo de proyectos y actividades, que se presentan para realizar las inversiones y avances de saneamiento y tratamiento de los municipios, en este se tienen en cuenta algunos procesos como la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de aquellas aguas que se vierten en los sistemas de drenajes urbanos o afluentes.

El Plan deberá formularse teniendo en cuenta la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores. los criterios de priorización de proyectos definidos en el Reglamento Técnico del sector RAS 2000 o la norma que lo modifique o sustituya y lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento y Territorial, POT. Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial. El Plan será ejecutado por las personas prestadoras del servicio de alcantarillado y sus actividades complementarias.

#### ***3.4.5.2 Autoridades Ambientales Competentes:***

Son autoridades competentes para aprobar el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, las siguientes:

1. Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible.
2. Las Unidades Ambientales Urbanas, de los Municipios, Distritos y Áreas Metropolitanas cuya población urbana sea superior a un millón de habitantes.
3. Las autoridades ambientales a las que se refiere el artículo 13 de la Ley 768 de 2002.

#### ***3.4.5.3 Términos de Referencia PSMV***

***Horizonte de Planificación:*** La proyección del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, se realizará para un horizonte mínimo de diez años y su ejecución se programará de acuerdo con el cronograma de actividades establecido en el mismo, en las fases de corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2° año), mediano plazo (contado desde el 2° hasta el 5° año) y largo plazo (contado desde el 5° hasta el 10° año).

***Presentación de información:*** Las personas prestadoras del servicio público de alcantarillado y sus actividades complementarias, que requieran el PSMV, presentarán ante la autoridad ambiental competente, en un plazo no mayor de doce (12) meses contados a partir de la fecha de publicación de la presente resolución, como mínimo la siguiente información:

***Diagnóstico del sistema de alcantarillado,*** referido a la. Identificación de las necesidades de obras y acciones con su orden de realización que permitan definir los programas, proyectos y actividades con sus respectivas metas físicas.

***El diagnóstico*** incluirá una descripción de la infraestructura existente en cuanto a cobertura del servicio de alcantarillado (redes locales), colectores principales, número de vertimientos Resolución 1433 de diciembre 13 de 2004 3 puntuales, Corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores en área urbana y rural, interceptores o emisarios finales construidos, ubicación existente o prevista de sistemas de tratamiento de aguas residuales. El diagnóstico deberá acompañarse de un esquema, o mapa en el que se represente.

***Identificación de la totalidad*** de los vertimientos puntuales de aguas residuales realizados en las áreas urbanas y rural por las personas prestadoras del servicio público domiciliario de alcantarillado y sus actividades complementarias y de las respectivas corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores.

***Caracterización de las descargas de aguas residuales y caracterización de las corrientes,*** tramos o cuerpos de agua receptores, antes y después de cada vertimiento identificado.

***Documentación del estado de la corriente,*** tramo o cuerpo de agua receptor en términos de calidad, a partir de la información disponible y de la caracterización que de cada corriente, tramo

o cuerpo de agua receptor realice la persona prestadora del servicio público de alcantarillado y de sus actividades complementarias, al menos en los parámetros básicos que se señalan en el artículo 6° de la presente resolución.

***Proyecciones de la carga contaminante generada***, recolectada, transportada y tratada, por vertimiento y por corriente, tramo o cuerpo de agua receptor, a corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2° año), mediano plazo (contado desde el 2° hasta el 5° año) y largo plazo (contado desde el 5° hasta el 10° año). Se proyectará al menos la carga contaminante de las sustancias o parámetros objeto de cobro de tasa retributiva.

***Objetivos de reducción*** del número de vertimientos puntuales para el corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2° año), mediano plazo (contado desde el 2° hasta el 5° año) y largo plazo (contado desde el 5° hasta el 10° año), y cumplimiento de sus metas de calidad, que se propondrán como metas individuales de reducción de carga contaminante.

***Descripción detallada de los programas, proyectos y actividades***, con sus respectivos cronogramas e inversiones en las fases de corto, mediano y largo plazo, para los alcantarillados sanitario y pluvial y cronograma de cumplimiento de la norma de vertimientos.

Cuando se cuente con sistemas de tratamiento de aguas residuales, se deberá indicar y programar las acciones principales para cubrir incrementos de cargas contaminantes causados por crecimientos de la población, garantizar la eficiencia del sistema de tratamiento y la calidad definida para el efluente del sistema de tratamiento.

En los casos en que no se cuente con sistema o sistemas de tratamiento de aguas residuales, se deberán indicar las fechas previstas de construcción e iniciación de operación del sistema de



tratamiento. Formulación de indicadores de seguimiento que reflejen el avance físico de las obras Resolución 1433 de diciembre 13 de 2004 4 programadas y el nivel de logro de los objetivos y metas de calidad propuestos, en función de los parámetros establecidos de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

***Evaluación de la Información y Aprobación del PSMV:*** Una vez presentada la información, la autoridad ambiental competente dispondrá de un término máximo de 30 días hábiles para solicitar al prestador del servicio, información adicional en caso de requerirse.

La persona prestadora del servicio dispondrá de un término máximo de 30 días hábiles para allegar la información requerida. Recibida la información o vencido el término de requerimiento, la autoridad ambiental competente decidirá mediante Resolución motivada la aprobación o no del PSMV, en un término que no podrá ser mayor de 60 días hábiles.

El PSMV contendrá el nombre e identificación del prestador del servicio de alcantarillado y sus actividades complementarias y los requisitos, condiciones, términos y obligaciones que debe cumplir durante la vigencia de este.

***Seguimiento y Control:*** El seguimiento y control a la ejecución del PSMV se realizará semestralmente por parte de la autoridad ambiental competente en cuanto al avance físico de las actividades e inversiones programadas, y anualmente con respecto a la meta individual de reducción de carga contaminante establecida, para lo cual la persona prestadora del servicio público de alcantarillado y de sus actividades complementarias, entregará los informes correspondientes.

Los programas de monitoreo de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores, con respecto a los cuales se haya establecido el PSMV, los realizará la autoridad ambiental competente, en

función de los usos esperados, los objetivos y las metas de calidad del recurso, y de la meta de reducción individual establecida. con base en el comportamiento de al menos los siguientes parámetros: DBO5, DQO, SST, Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto, y pH.

Régimen de transición: Las solicitudes de Plan de Cumplimiento que se encuentran en Resolución 1433 de diciembre 13 de 2004 5 trámite continuarán con el régimen establecido en las normas vigentes al momento de su presentación, salvo que el prestador solicite expresamente la aplicación del régimen previsto en la presente resolución.

Medidas Preventivas y Sancionatorias: El incumplimiento de cualquiera de las obligaciones previstas en la presente resolución conllevará la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar en los términos del artículo 85 de la Ley 99 de 1993.

### 3.5 MARCO LEGAL

**Políticas Generales Ley 09 de 1979** (Congreso Nacional de Colombia). Código Sanitario Nacional

**Ley 23 de 1973** (Congreso Nacional de Colombia). Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua, suelo.

**Ley 134 de 1994** De los mecanismos de Participación Ciudadana - Decreto 2811 de 1974 (Presidencia de la República). Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**Decreto 1594 de 1984** (Ministerio de Salud). Usos de agua y normas de vertimiento de residuos líquidos.

**Ley 373 de 1997** (Congreso de Colombia). Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Emisiones Atmosféricas y Ruido

**El Decreto 02 de 1982** del (Ministerio de Salud). - Emisiones Atmosféricas. Contiene los límites permisibles en el tema de aire.

**El Decreto 948 de 1995** (Ministerio Medio Ambiente). Contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.

**Resolución 627 de 2006** (MAVDT). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ambiental. Manejo de escombros, material reutilizable, materiales de construcción

**La Resolución 541 de 1997** (Ministerio Medio Ambiente). Procedimientos para el manejo, transporte y disposición de escombros y materiales de construcción.

**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

**Decreto 1076 del 2015.** Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Aprovechamiento Forestal. Sección 3. clases aprovechamiento forestal Artículo 2.2.1.1.3.1, Sección 4. De aprovechamientos persistentes Artículo 2.2.1.1.4.1.

**Resolución 0330 de 2017:** Expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS”

**Resolución 2115 del 2007:** Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano

**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. La resolución 0631 de 2015, que además de actualizar el decreto 1594 de 1984, reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010.

**Resolución 1433 del 2004:** Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre los planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV y otras terminaciones.

#### 4 METODOLOGIA DE PASANTIA

La metodología es empleada a partir de las funciones delegadas por la empresa P& S Asociados S.A.S, relacionado el cargo Auxiliar de Ingeniería y Apoyo en el desarrollo de proyectos de consultoría en el área Hidrológica e Hidráulica, de igual manera las actividades en relación con la recolección de información primaria en campo, se describe en los siguientes ítems según la temática y el área de acción que se desempeñó en la pasantía profesional de ingeniería ambiental con dicha empresa.

La metodología se relaciona a los planes de saneamiento y manejo de vertimientos de los municipios en intervención y otros proyectos recurrentes que maneje la empresa, teniendo en cuenta cada uno de los soportes a la normatividad vigente respecto al contenido y metodologías individuales en los procesos de legalización y tramite, vinculada con los requerimientos que exigen las autoridades ambientales de cada territorio. A partir de la **Resolución 1433 del 2004**: Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre los planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV y otras terminaciones, el contenido que involucra esta serie de PSMV.

La metodología que se realizó depende de la acción individual y el propósito de cada uno de los proyectos que se ejecutaron, con el fin de llegar a un desarrollo de las actividades que comprende dicho cronograma, teniendo en cuenta esto, se evaluó desde lo general a lo específico, donde el área de acción va relacionada netamente a la parte hidrológica, manejo de software y análisis de modelamiento y calidad de agua. Anteriormente se menciona el campo de acción para dicha metodología, donde cada proyecto maneja las mismas especificaciones basados en la teoría individual.

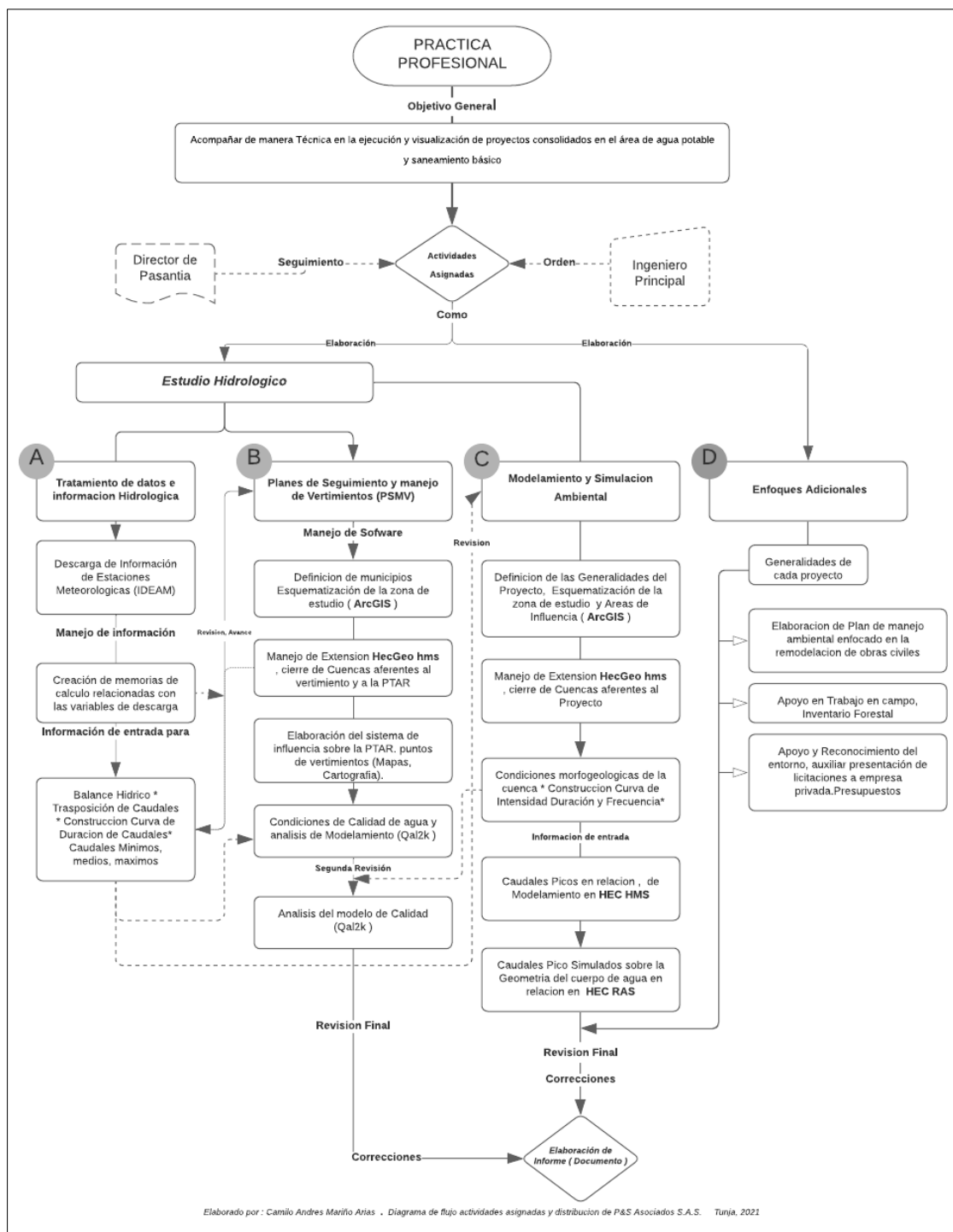
En dicho proceso, se tuvo en cuenta la realización de estudios hidrológicos, especificando la recolección de información , descarga y tratamiento de información de regímenes de precipitación de la zona específica y la definición de variables, para así establecer lo contenido por las condiciones de balance hídrico que son pertinentes para este tipo de estudios o de Trasposición de Caudales, mediante el formato Excel se llevó a cabo un mejor control y registro de cálculo de los procedimientos realizados, ya sea para la esquematización de hietogramas , hidrogramas, Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia, Curvas de Duración de Caudales donde van de la mano con la implementación de software y Herramientas , como Extensiones Gis , ArcGIS , HEC RAS, HEC HMS y Modelos de calidad de aguas Qal2k , esta información viene acompañada de la esquematización, simulación y modelos con el fin de lograr una mejor comprensión de la realidad del proyecto, por lo cual se realizó la elaboración de mapas de localización y visualización.

Dentro de la metodología cabe resaltar la individualidad de los proyectos vinculando diversas área en el apoyo; no solo en el saneamiento básico y agua potable sino en enfoques diversos y versátiles para el estudiante, como planes de manejo ambiental frente a obras civiles, análisis de gestión de riesgo de inundación, apoyo y reconocimiento del entorno frente a escenarios y postulación de licitaciones; teniendo en cuenta lo anterior las actividades de pasantía no solo se enfocan en el tema general sino en acciones desarrolladas adicionales como un agregado a este informe final .

Se muestra en la Figura 9, el diagrama general de la práctica profesional, en este se describe el proceso a seguir dentro de cada proyecto y el acompañamiento de la empresa, de igual manera se observa las actividades, acciones y productos aportados a la empresa consultora P&S Asociados S.A.S.

## 4.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

**Figura 9.** Diagrama de Flujo General de actividades asignadas por parte de la empresa P&S Asociados S.A.S en el marco de la Práctica profesional



Fuente. Autor

## 4.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Dentro del diagrama de flujo, se muestran las actividades que se realizaron dentro de la empresa P&S Asociados S.A.S, en el tiempo comprendido por la practica académica, en este se muestra de manera general el desarrollo de cada una de estas acciones, identificado la metodología dada por la empresa en cada proceso definido.

Dentro del marco de las actividades asignadas por la empresa , se desempeñan en el área de la parte Hidrológica e Hidráulica, con algunos enfoques ambientales respecto a la metodología establecida por P&S Asociados S.A.S, de igual manera en el apoyo de proyectos enfocados en el área de la Ingeniería ambiental, como por ejemplo, planes de manejo, Vertimientos PSMV, Análisis Hidrológicos, Análisis de Riesgo frente a Inundaciones, Calidad de agua en fuentes Superficiales, Creación de memorias de cálculos y tratamiento de Datos o información, muestreos , Esquemmatización mediante la elaboración de planos , cartografía y mapas.

- ✓ Tratamiento de datos e información hidrológica: La definición resalta el tratamiento de información meteorológica o de otro tipo de información, Teniendo en cuenta la metodología de recolección de información de operación estadística, no se requiere del diseño, ya que hace referencia al manejo y orden de información de descarga, sintetizada en una memoria de cálculo (IDEAM, 2018).
- ✓ Realización de Planes de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV: Se puede definir como el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario



como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad.

- ✓ Manejo de software, Modelamiento y simulación ambiental: la modelación de sistemas ambientales y en la integración de los resultados de sus modelos espacio-analíticos con los SIG. Estos modelos incluyen contaminación y calidad de aguas, suelos, erosión, impacto visual, aire, contaminación acústica, incendios forestales, riesgo de inundación valoración de espacios naturales y la gestión integral de cuencas hidrográficas entre otros (Torres, 2016).
- ✓ Esquematización mediante la elaboración de planos, cartografía y mapas: Consiste en la representación de mapas diferenciales, como representación cartográfica respecto a la finalidad de los objetivos concretos, evidenciando un análisis visual respecto a la metodología de investigación y los sistemas a tratar en cada uno de los proyectos ejecutados (Lizmová, 2007).
- ✓ Actividades Adicionales: Planes de manejo ambiental: El Plan de Manejo Ambiental es el resultado directo del proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales. Su objetivo principal es establecer un conjunto de pautas y métodos de trabajo, de tal manera que las acciones ambientales propuestas puedan llevarse a cabo (ANLA, 2016).
- ✓ Apoyo y reconocimiento del entorno y trabajo de campo: La técnica de evaluación conocida como Observación de Campo tiene como principal objetivo entender cómo los sistemas interactúan y conocer todas las acciones que éstos realizan durante la realización de estas (Rekalde, 2014).

#### 4.2.1 ENFOQUE DE ACTIVIDADES

Cada una de estas actividades demuestra la importancia de la práctica profesional y como se vincula en el campo de la ingeniería ambiental como finalidad de este informe, por otra parte, se hace referencia a cada una de las actividades, campo y descripción como la base para evidenciar los resultados o productos generados por el pasante tanto a la empresa como el aporte de experiencia en su proceso de aprendizaje y su vinculación con el mundo laboral (Ver Tabla 1.), en la empresa P&S Asociados S.A.S.

**Tabla 1.** Enfoque general de Actividades Asignadas desempeñadas en P&S Asociados S.A.S

| Actividad                                                      | Campo                                                             | Descripción                                                                                                                                                                                             | Producto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Tratamiento de datos e información hidrológica</i>          | Todas las Dependencias                                            | El enfoque realizado dentro de la empresa fue desempeñado en la descarga de información meteorológica y climática respecto a los estudios y análisis hidrológicos y climáticos de las zonas de estudio. | Orden de datos Históricos de registro meteorológicos de distintas variables, Creación de memorias de cálculo teniendo como finalidad los datos de entrada para Análisis Hidrológicos para la modelación y Simulación                                                                                                                                                                   |
| <i>Manejo de software, Modelamiento y simulación ambiental</i> | Estudios y Análisis Hidrológico, Saneamiento Básico, Vertimientos | El manejo de software era el campo de mayor desempeño dentro de la empresa, con la finalidad de tener una mayor aplicabilidad en el área de la hidrología e hidráulica                                  | Manejo de Software: Modelaciones de calidad del agua en <b>Qal2k</b> , Determinación de Caudales Pico <b>HEC HMS</b> , Simulación de caudales en <b>HEC RAS</b> a partir de batimetrías, con análisis de manchas de inundación, Delimitación de Cuencas a partir de <b>Ext. HEC Geo Hms</b> y adicional a esto la elaboración de mapas, cartografía y esquematización en <b>ArcGIS</b> |

| <b>Actividad</b>                                                              | <b>Campo</b>                                                        | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Producto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Realización de Planes de saneamiento y Manejo de vertimientos PSMV</i>     | Saneamiento Básico, Vertimientos                                    | Vincular la información del área de saneamiento básico a partir del manejo de Vertimientos con un enfoque amplio, teniendo en cuenta los criterios y bases que se necesitan para la realizar modelaciones de calidad y los términos de referencia de un plan de seguimiento y manejo de vertimientos.               | Creación de plantilla de PSMV a partir de los términos de referencia de la normatividad de corporaciones y empresas asociadas, Modelaciones de calidad de cuerpos de agua receptores, con análisis de parámetros físicos y químicos de los escenarios con tratamiento y sin tratamiento de los vertimientos de los municipios de estudio |
| <i>Esquematización mediante la elaboración de planos, cartografía y mapas</i> | Localización, Análisis hidrológico, Saneamiento Básico Vertimientos | Esquematizar de manera dinámica, espacial, a escala, la localización de los proyectos con la finalidad de entender los sistemas y los alcances de cada uno de los proyectos involucrados por la empresa                                                                                                             | Mapas: Localizaciones de puntos de vertimientos actuales, municipios de alto impacto, sistemas de descarga de PTAR de cada municipio, Planos de cuencas y esquematizaciones de batimetría y geometría de los causes en Auto Cad, Mapas de Riesgo de Inundación, Mapas PSMV                                                               |
| <i>Actividades Adicionales: Planes de manejo ambiental</i>                    | Diagnósticos y Planes Ambiental                                     | Elaboración de plan ambiental de la remodelación de una obra civil, con la finalidad de crear los términos de referencia necesarios para concretar el proyecto del contratista y los documentos necesarios para el trámite de terminación y puesta en marcha de la obra, teniendo en cuenta la normatividad vigente | Creación de Plantilla de Planes de manejo ambiental para obras civiles y en general, Matrices de evaluación ambiental, Matrices de Impacto ambiental, Presupuestos del Plan de manejo ambiental                                                                                                                                          |
| <i>Apoyo y reconocimiento del entorno y trabajo de campo</i>                  | Ambiental                                                           | Muestreos y reconocimiento del entorno, Diagnostico, Presentación de Licitación                                                                                                                                                                                                                                     | Informe de Campo, presentación de propuesta a licitación de proyecto de captación de agua lluvia, Inventario Forestal para la remodelación de Obra publica                                                                                                                                                                               |

Fuente. Autor

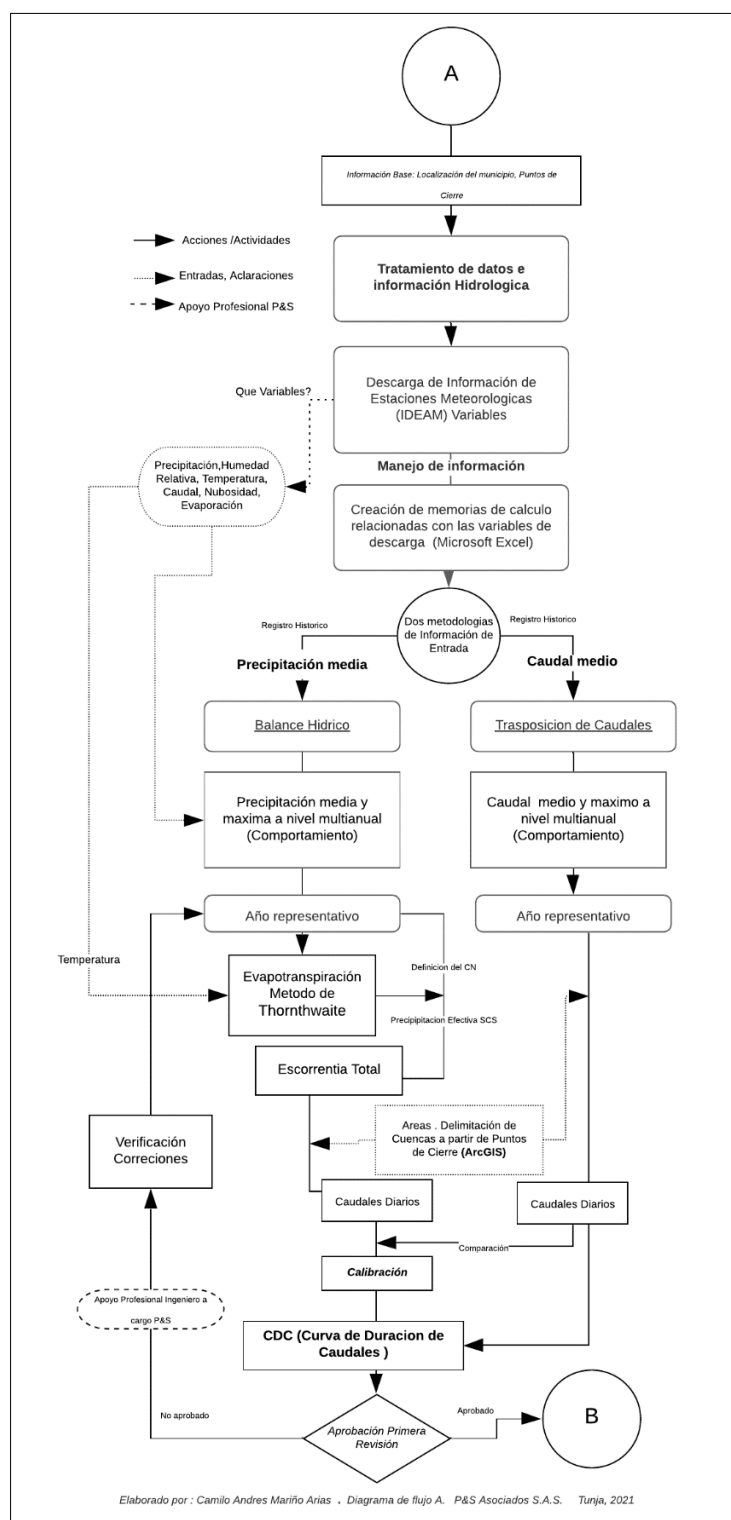
#### 4.2.2 DIAGRAMAS P&S ASOCIADOS S.A.S

En términos más concretos y específicos, es importante reconocer las acciones o la guía de desarrollo frente algunos proyectos, por esta razón se diseña una serie de diagramas de flujo ordenados. Se puede visualizar en la **Figura 9**, una serie de pasos estructurados y vinculados que permiten la verificación, revisión y guía de cada proyecto o acción a realizar durante la práctica profesional.

El diagrama A representado en la **Figura 10**, muestra aquellas acciones comprendidas para el tratamiento de datos e información hidrológica, este comprende el manejo de información, la descarga y la creación de memorias de balance hídrico y trasposición de caudales, este diagrama representa las acciones básicas a realizar para la ejecución de proyectos relacionados con Planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV), Análisis de comportamiento mensual a nivel multianual de las diversas variables, Estudios hidrológicos básicos para cualquier zona, Proyectos relacionados con el Análisis de Riesgo de crecientes o inundaciones.

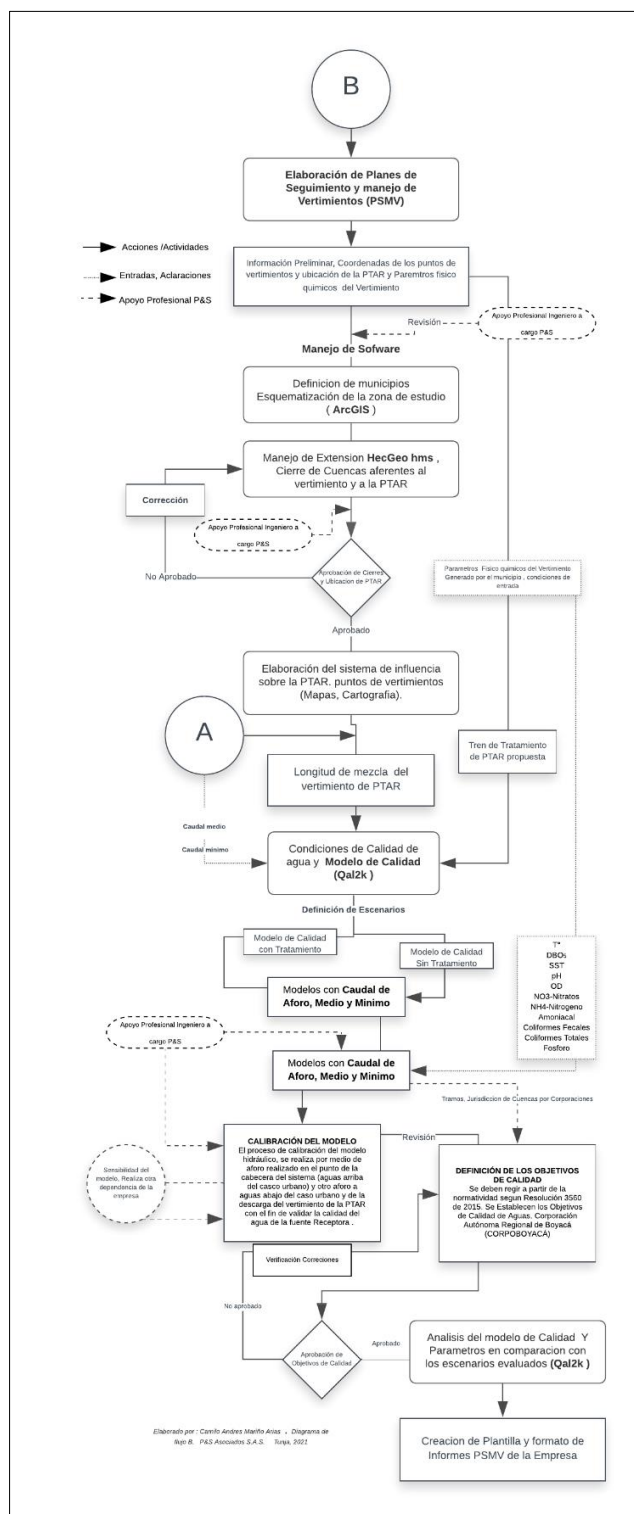
El diagrama A, es la base fundamental a nivel hidrológico e hidráulico, por tal razón, se vincula con el diagrama B en la **Figura 11** y el diagrama C en **Figura 12**, el primero muestra a detalle las acciones realizadas para la elaboración de un PSMV , desde la Definición del sistema de vertimientos , Análisis hidrológicos, hasta los modelos de Calidad de Agua de las fuentes receptoras , por otra parte, el diagrama C muestra el proceso y las actividades en secuencia para la realización de Planes de Riesgo frente a Crecientes y el Análisis de Estructural e Hidráulico frente a los diferentes periodos de retorno. El diagrama D en la **Figura 13**, muestra las actividades adicionales desempeñadas en el área ambiental desempeñado durante la práctica profesional, como se observa en las siguientes figuras. Dichos diagramas son producto del periodo como pasante.

**Figura 10.** Diagrama A de Actividades realizadas. Tratamiento de datos e información hidrológica



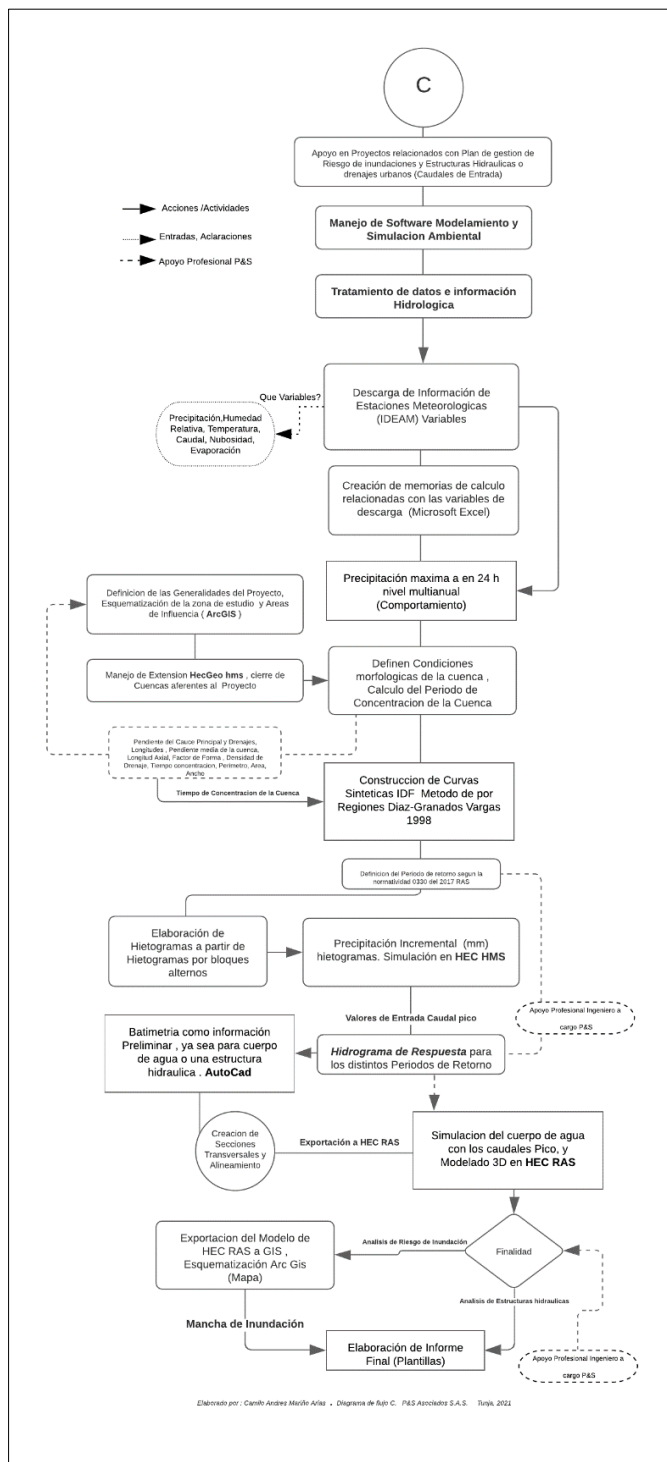
Fuente: Autor

**Figura 11. Diagrama B. de Actividades realizadas- elaboración de Planes de seguimiento y manejo de Vertimientos PSMV**



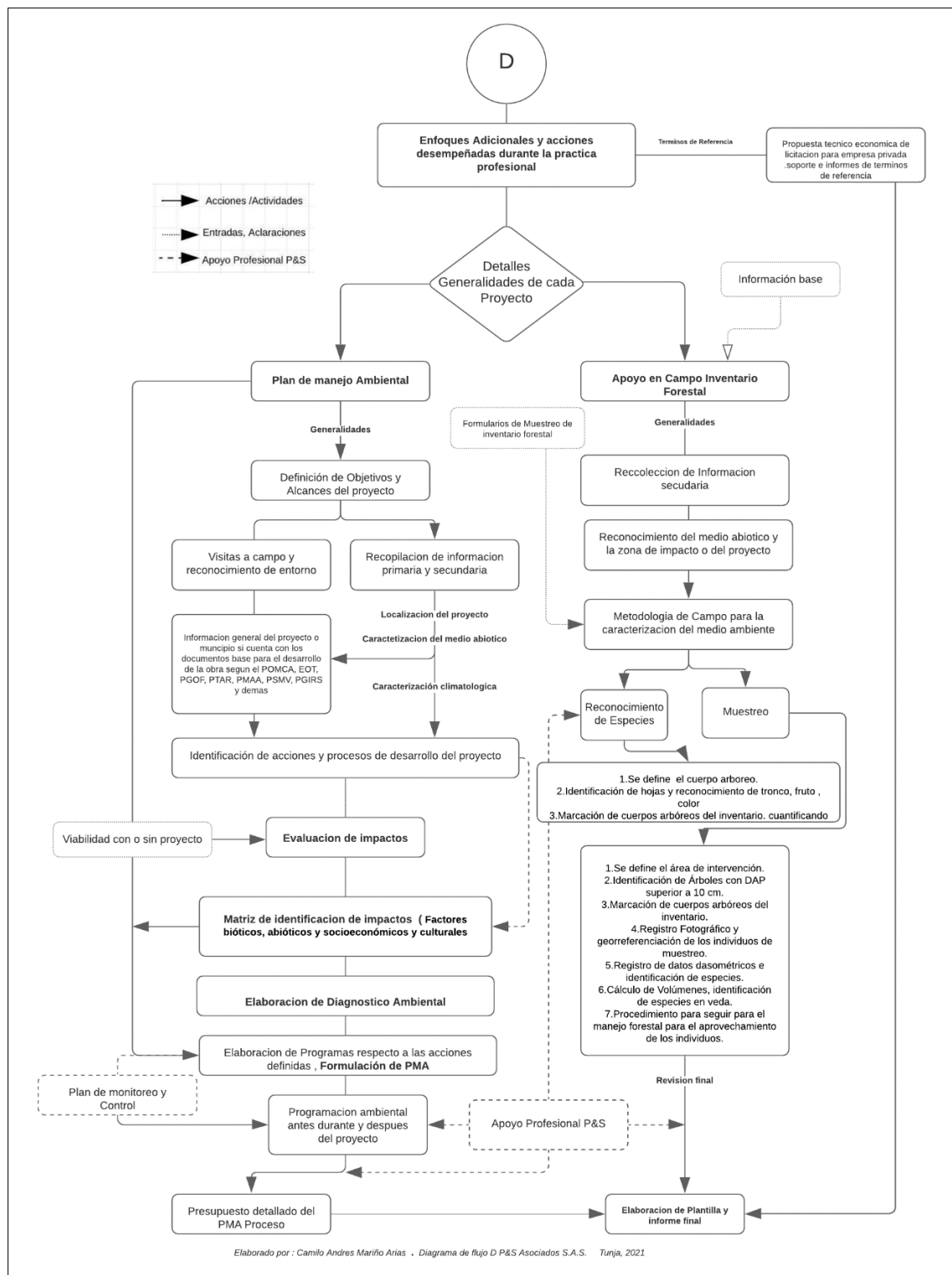
Fuente: Autor

**Figura 12.** Diagrama C. de Actividades realizadas- Adicionales elaboración de Modelamiento y simulación Ambiental para estudios Hidrologicos de análisis de riesgo de inundación y análisis de estructuras hidráulicas



Fuente: Autor

**Figura 13. Diagrama D. de Actividades realizadas- Adicionales Teniendo otros enfoques**



Fuente: Autor



## 5 RESULTADOS OBTENIDOS

Teniendo en cuenta el cumplimiento de los requisitos y tiempo establecido por la universidad Santo Tomas y el comité de grado de la facultad de ingeniería ambiental de la seccional Tunja , se quiere evidenciar cada una de las acciones dentro del periodo de practica y los productos de aporte a la empresa, con satisfacción se menciona que como indicador principal, se cumplieron todas y cada una de las actividades asignadas por el ingeniero de orden principal en la empresa y de igual manera el tiempo de 480 horas laboradas las cuales equivalen a 69 días, donde 8 horas diarias se desarrollaron los días lunes a viernes y el día sábado comprendido por 6 horas para un total de 46 horas semanales.

La fecha de inicio y aprobación de pasantía entro en vigor el 1 febrero del 2021, y finalizando el día 22 de abril del 2021. Indicadores a corto plazo (11 semanas y 4 días)

$$\# 534 \text{ horas laboradas} / \# \text{ horas Totales (480 horas)} = 1,0 * 100 = 111\%$$

$$\#46 \text{ horas semanales} / \#46 \text{ horas Totales por semana} = 1,0 * 100 = 100\%$$

$$\# 70 \text{ días trabajos} / \# 68.507 \text{ días Totales} = 1,0 * 100 = 100\%$$

De esta manera también se tiene en cuenta el número de acciones o actividades propuestas en el cronograma de actividades relacionado durante 12 semanas estimadas por la empresa P&S Asociados S.A.S, A continuación, se puede describir el indicador de actividades, cabe aclarar que se desarrollaron más actividades asignadas dentro de las propuestas a realizar a corto plazo.

$$\# \text{Número de Actividades realizadas} / \# \text{Numero de Actividades Totales (27 Actividades)}$$

***27 actividades realizadas / 27 Actividades Asignadas totales = 1,0 \*100 = 100%***

Se propuso apoyar y elaborar 12 modelos Hidrologicos respecto a los proyectos relacionados por la empresa a corto plazo, donde se cumplió con el 100% de dichos modelos e informes, con variedad de objetivos, tanto para la elaboración de Planes de saneamiento y manejo de vertimientos como el análisis de estructuras hidrológicas a partir de la influencia de drenajes en periodos de lluvia. De esta manera se involucran diferentes enfoques relacionados con el apoyo en la evaluación del entorno, acompañamiento, apoyo en propuestas técnico-económicas para licitaciones, planes de manejo ambiental y esquematización de cartografía o mapas.

De esta manera en los siguientes numerales, se puede evidenciar cada una de las actividades generales y los resultados obtenidos durante el periodo de pasante.

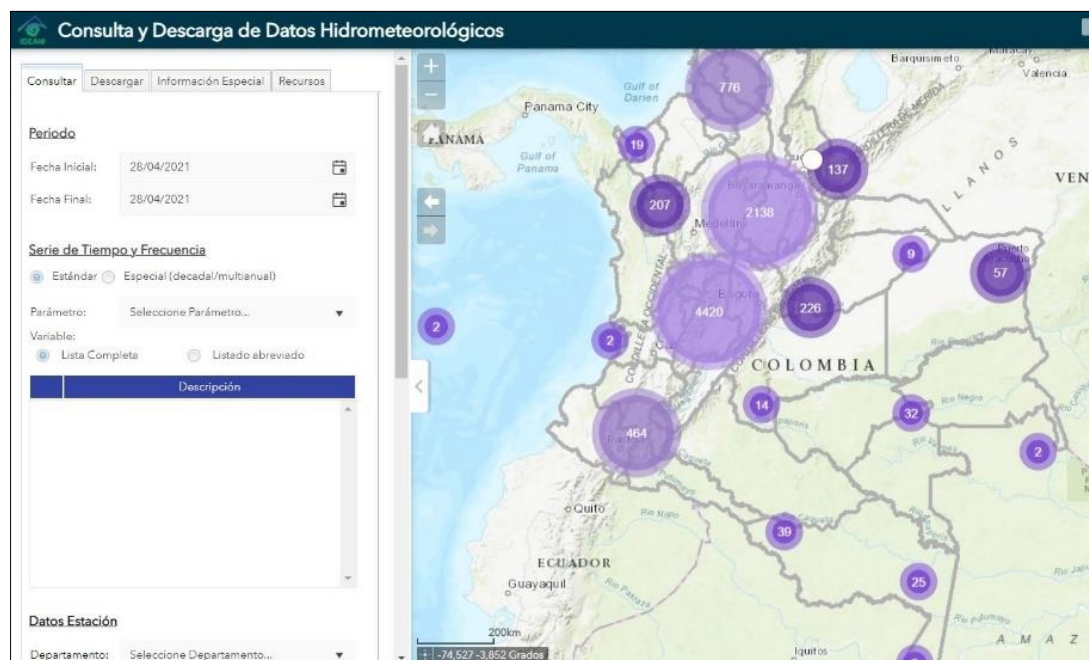
## **5.1 TRATAMIENTO DE DATOS E INFORMACIÓN HIDROLÓGICA**

Los resultados obtenidos en esta sección son determinados por la información de las variables climatológicas para realizar los estudios Hidrologicos como Hidráulicos realizados en el marco de la pasantía y de esta manera siguiendo la metodología de los diagramas de flujo. Teniendo en cuenta la metodología de recolección de información de operación estadística, por parte de la plataforma de descarga IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) con referencia al manejo y orden de información de descarga, para ser sintetizada en una memoria de cálculo.

La información descargada, se realizó de las estaciones meteorológicas de las áreas de estudio, teniendo en cuenta el registro histórico e información climatológica respecto a cada estación meteorológica, se descargó la información en el periodo comprendido de 1995 a 2019 - 2020 de

estaciones activas de la variable de precipitación , de igual manera de las variables climatológicas como Temperatura, Humedad relativa, Nubosidad, Evaporación con el fin de identificar las condiciones de microclima de los municipio o zonas de estudio.

**Figura 14.** *Página de Consulta y descarga de datos hidrometeorológicos del IDEAM.*



Fuente: IDEAM. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

A partir de la información descargada, se realizó la construcción de las memorias de cálculo y se determinó el área de influencia de la estación y el número de valores faltantes, la mayoría de estaciones no presentaban años completos y se presentaban vacíos en dicha información, teniendo en cuenta, se realizaba el cálculo para determinar el comportamiento promedio de la zona en temporadas secas, medias y húmedas de las diferentes variables , con la finalidad de definir el año representativo que se asemeja al comportamiento del año medio multianual del proyecto en relación , teniendo en cuenta si es para estudio hidrológico o construcción de curvas IDF .

En la Tabla 2, se pueden evidenciar los municipios de descarga de información y su estación activa correspondiente. De la información obtenida se aportaron las memorias de cálculos de manejo y orden de datos de descarga, con el fin de realizar los cálculos correspondientes a PSMV, Balance hídrico, elaboración de modelos de calidad, elaboración de curvas IDF, elaboración de Curvas de Duración de Caudales, periodos de retorno, caracterización morfológica de cuencas y elaboración de graficas de comportamiento de variables climatológicas.

La información presentada en la Tabla 3, hace referencia a las estaciones Limnigráfica delimitadas por las zonas de estudio en los cuerpos de agua principales, para realizar la Transposición de caudales y verificar los caudales registrados por estas con la finalidad de comprobar el orden de magnitud registrado por las estaciones de la Tabla 2 para la elaboración del balance hídrico.

**Tabla 2.** Estaciones hidrometeorológicas IDEAM descarga de información por municipio.

| N  | Municipio                 | Estación           | Tipo de Estación | Código   |
|----|---------------------------|--------------------|------------------|----------|
| 1  | <b>Garagoa</b>            | Garagoa            | PM               | 35070080 |
| 2  | <b>Tenza</b>              | Valle Grande       | PG               | 35070550 |
| 3  | <b>Nuevo Colon</b>        | Nuevo Colon        | AGM              | 35075010 |
| 4  | <b>Umbita</b>             | Umbita             | PM               | 35070050 |
| 5  | <b>Tibana</b>             | Tibana             | PM               | 35070040 |
| 6  | <b>Ramiriquí</b>          | Ramiriquí          | PG               | 35070010 |
| 7  | <b>Boyacá</b>             | Teatinos           | PG               | 35070310 |
| 8  | <b>Ciénega</b>            | Ramiriquí          | PG               | 35070010 |
| 9  | <b>Turmequé</b>           | Turmequé           | PM               | 3507003  |
| 10 | <b>Campo Hermoso</b>      | Campo hermoso      | CP               | 35085050 |
| 11 | <b>San Luis de Gaceno</b> | San Luis de Gaceno | PM               | 35080070 |
| 12 | <b>Otanche</b>            | Otanche            | CO               | 23125080 |

Fuente: Autor. Nota: Nomenclatura IDEAM de tipo de estación **PM: Pluviométrica; PG: Pluviográfica; AGM: agrometeorológica; CP: Climatológica Principal; CO: climatológica Ordinaria.**

**Tabla 3.** Estaciones hidrometeorológicas IDEAM descarga de información de Caudales

| <b>Municipio</b> | <b>Estación</b>       | <b>Tipo de Estación</b> | <b>Código</b> |
|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Garagoa          | <b>Caracol El</b>     | LM                      | 35077120      |
| Jenesano         | <b>Puente Adriana</b> | LM                      | 35077090      |
| Santa María      | <b>San Agustín</b>    | LM                      | 35087010      |

Fuente: Autor. Nota: Nomenclatura IDEAM de tipo de estación **LM: Limnimetrica**

## 5.2 REALIZACIÓN DE PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PSMV.

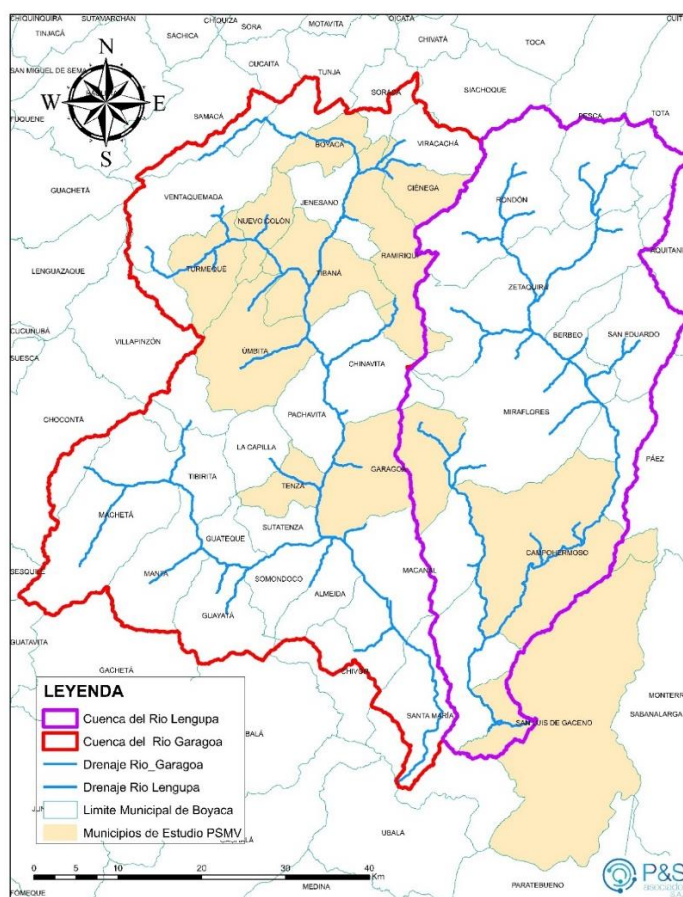
La elaboración de los PSMV planes de saneamiento y manejo de Vertimientos, son regidos por la Resolución 1433 del 2004, la cual menciona los términos de referencia y contenido respecto a la autoridad ambiental en jurisdicción. Los resultados durante el proceso de elaboración fueron asignados dentro del margen del objetivo general del informe de la práctica profesional , partiendo de lo anterior, se realizaron 12 Planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV), teniendo como referencia la cuenca del Rio Garagoa y el Rio Lengupa, en jurisdicción de las autoridades ambiental regionales de CORPOCHIVOR y CORPOBOYACA para los siguientes municipios Garagoa, Nuevo colon, Tenza, Umbita , Tibana, Ramiriquí, Boyacá Boyacá, Ciénega, Turmequé, Campo Hermoso, San Luis de Gaceno y Otanche como se puede observar la distribución de dichos municipios en la Figura 15.

Teniendo en cuenta cada uno de los municipios en estudio, se obtiene como información base los antecedentes de las fuentes receptoras, la ubicación de la planta de tratamiento agua residual (Predio o ubicación de PTAR), los puntos aguas arriba y aguas abajo a partir del punto de vertimiento, la cartografía de los puntos de vertimiento dentro del urbanismo de cada municipio y

los informes de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las fuentes receptoras y del vertimiento.

La metodología de elaboración, se puede describir en el diagrama de flujo A y B en la Figura 10 y Figura 11, cada uno de los procedimientos y actividades de acción para la elaboración de los planes de seguimiento y manejo de vertimiento, de esta manera se logra cumplir con el objetivo de las 12 simulaciones en el modelo de calidad de agua Qual2k, la implementación y esquematización de los sistemas de vertimientos de cada municipio y la identificación de áreas respecto a los puntos de cierre y puntos de vertimientos sobre la fuentes receptoras.

**Figura 15.** Distribución de municipios en el territorio. Elaboración de PSMV



Fuente: Autor. Consultor P&S asociados SAS

En la Tabla 4, se puede identificar la fuente receptora y el área de aporte delimitada hasta el punto de vertimiento de la PTAR.

**Tabla 4.** *Áreas y Fuentes receptoras de los municipios de estudio*

| N  | Municipio          | Cuenca Fuente Receptora | Área km2 |
|----|--------------------|-------------------------|----------|
| 1  | Garagoa            | Quebrada Quigua         | 32.316   |
|    |                    | Quebrada Manzano        | 2.72     |
| 2  | Tenza              | Quebrada La Guaya       | 95.3     |
| 3  | Nuevo Colon        | Quebrada Grande         | 39.5     |
| 4  | Umbita             | Rio Bosque              | 88.68    |
| 5  | Tibana             | Rio Tibana              | 460.4    |
| 6  | Ramiriquí          | Rio Guayas              | 1.3      |
| 7  | Boyacá             | Quebrada Neme           | 4.6      |
| 8  | Ciénega            | Quebrada Las Delicias   | 6.4      |
|    |                    | Quebrada Guamo          | 6.5      |
| 9  | Turmequé           | Rio Turmequé            | 212.11   |
| 10 | Campo Hermoso      | Quebrada la Colorada    | 30.4     |
| 11 | San Luis de Gaceno | Rio Lengupa             | 1705.91  |
| 12 | Otanche            | Quebrada Apacible       | 2.45     |

Fuente: Autor. Consultor P&S asociados SAS

Se determino a partir del Software **ArcGIS 10.3**, por medio de la extensión de **Hec Geo-Hms** la modelación y la identificación de los puntos de cierre para cada cuerpo de agua presente e identificado como fuente receptora respecto a su municipio, calculando el área, con la finalidad de establecer los valores de caudales a partir de la precipitación diaria de los municipios de estudio sobre la cuenca del Rio Garagoa y Rio Lengupa.

La información de balance hídrico y trasposición de caudales a partir de las herramientas meteorológicas y los sistemas de información geográfico se evidencian en la Tabla 4 y Tabla 5, integrando los valores de caudales medios y mínimos, como información de entrada para el modelo de calidad Qal2k de cada municipio, como se puede observar en el diagrama B en la Figura 11.

**Tabla 5.** Valores de entrada al Modelado Qal2k. Caudales medios y mínimos

| Municipio                 | Caudal medio m3/s | Caudal Mínimo 95% m3/s | Aporte Vertimiento de PTAR m3/s |
|---------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| Garagoa (Q. quigua)       | 0.44              | 0.16                   | 0.1011                          |
| Garagoa (Q. Manzano)      | 0.04              | 0.01                   | 0.1011                          |
| Tenza                     | 0.83              | 0.09                   | 0.0033                          |
| Nuevo Colon               | 0.31              | 0.08                   | 0.0144                          |
| Umbita                    | 0.19              | 0.03                   | 0.0144                          |
| Tibana                    | 4.03              | 0.10                   | 0.0104                          |
| Ramiriquí                 | 1.45              | 0.30                   | 0.0474                          |
| Boyacá                    | 0.06              | 0.01                   | 0.0035                          |
| Ciénega (Q. Las Delicias) | 0.44              | 0.01                   | 0.0107                          |
| Ciénega (Q. Guamo)        | 0.45              | 0.01                   | 0.0107                          |
| Turmequé                  | 0.65              | 0.23                   | 0.0201                          |
| Campo Hermoso             | 0.32              | 0.01                   | 0.0035                          |
| Otanche                   | 0.104             | 0.02                   | 0.0320                          |
| San Luis de Gaceno        | 190.10            | 17.00                  | 0.0182                          |

Fuente: Autor. Consultor P&amp;S asociados SAS

Se determinan los caudales medios y el caudal al 95% como mínimo m<sup>3</sup>/s, por otra parte, se muestra los valores del vertimiento máximo de la PTAR de cada municipio como se puede observar en la Tabla 5.

**Tabla 6.** Tabla de análisis y observaciones y graficas en el modelo Qual2k

| EXPLICACIÓN DE ANALISIS Y OBSERVACIÓN DE LAS GRAFICAS |                |                                           |
|-------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|
| ETIQUETA                                              | DISTANCIA (Km) | FORMA DE REALIZAR LECTURA DE LAS GRAFICAS |
| Quebrada Apacible                                     | 0,02           |                                           |
| Aguas Arriba                                          | 0,09           |                                           |
| Aguas Arriba                                          | 0,21           |                                           |
| Vertimiento PTAR                                      | 0,33           |                                           |
| Vertimiento PTAR                                      | 0,40           |                                           |
| Vertimiento PTAR                                      | 0,41           |                                           |
| Aguas abajo                                           | 0,42           |                                           |

Fuente: Autor. Consultor P&amp;S asociados SAS



Para cada municipio se realizaron tres modelaciones en el **modelo Qual2k**, evaluando 3 tipos de caudales (caudal de aforo, caudal medio, caudal mínimo), en dos escenarios Sin tratamiento de un STAR y Con tratamiento de un STAR, teniendo en cuenta las condiciones de aguas arriba del vertimiento y después del vertimiento. De esta manera se modelaba el comportamiento de cada parámetro en el tránsito de estos puntos, DBO 5, pH, OD, SST, Coliformes Fecales, Nitrógenos, Nitratos comparando y verificando las que las condiciones de vertimientos en cada municipio cumplieran o no con los objetivos de calidad definidos por el tramo según la definición de cuencas de cada autoridad ambiental y la resolución 631 del 2015 o la definida normatividad por tramo en los puntos de muestreo tanto aguas arriba como aguas abajo.

### 5.3 MANEJO DE SOFTWARE, MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN AMBIENTAL

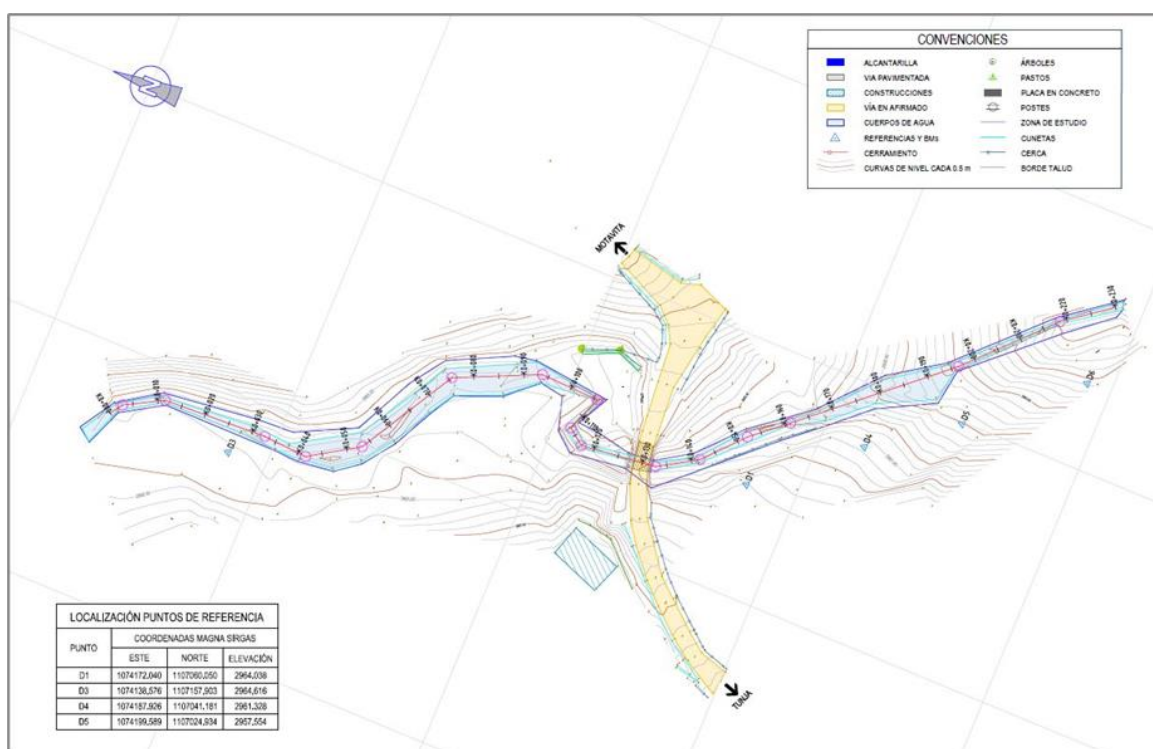
Esta sección tiene como resultados las acciones desempeñadas en el área de hidrología, elaborando estudios Hidrologicos e hidráulicos con el respectivo análisis, para diferentes finalidades, por un lado, los planes de riesgo por inundación y por el otro el análisis hidrológico e hidráulico para estructuras hidráulicas en cuerpos de agua, como se puede observar la metodología en el diagrama de flujo C, Figura 12.

El manejo de software, modelamiento y simulación fue desempeñado en todo el desarrollo y vigencia de la práctica profesional, dando como resultados la Gráfica 1 y Tabla 7; Se tiene como resultado 12 PSMV planes de saneamiento y manejo de vertimientos, 2 estudios hidrológicos.

Se realizaron dos estudios Hidrologicos, donde cada uno presentaba diferente finalidad, el primero se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para la demolición y construcción de un puente vehicular en el municipio de Motavita (**HEC RAS**), como se puede ver la vista previa en la

Figura 16; el segundo estudio hidrológico fue realizado para determinar las estructuras propuestas y mancha de inundación para un periodo de retorno de 10 años, en relación al plan de riesgo frente a inundación del río Jordán, donde se pueda evidenciar las estructuras de mitigación para la urbanización, ubicado en el sector del viaducto en la ciudad de Tunja, Boyacá, realizando las diferentes simulaciones de caudal pico (**HEC HMS**) y de mancha de inundación (**Hec Geo-Hms**, **Hec Geo-Ras**) en los periodos de retorno destinados para el proyecto mostrando una vista previa del mapa de distribución y mancha en la Figura 17.

**Figura 16.** Batimetría y localización del puente vehicular sobre el cuerpo de agua en el municipio de Motavita



Fuente: Autor. Consultor P&S asociados SAS

Para mayor detalle en la sección de Anexos, se describirá el objetivo de cada proyecto y las características, acciones y estructura del informe como evidencia de cada producto realizado por

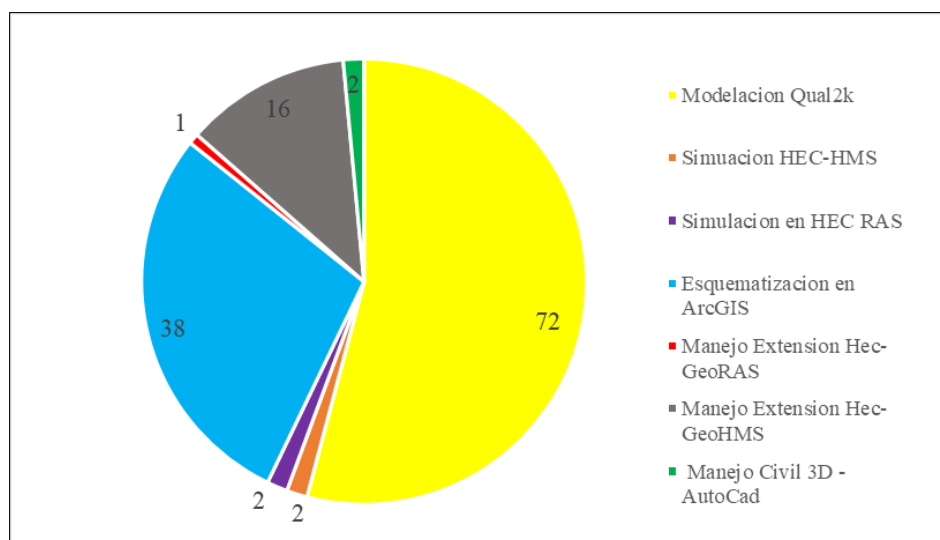
la empresa. En la sección 4.2.1, se muestra cada diagrama de las actividades asignadas y los productos de aporte a la empresa.

**Figura 17.** *Mancha de inundación periodo de Retorno y estructuras plan de riesgo de inundación*



Fuente: Autor. Consultor P&S asociados SAS

Respecto a los resultados obtenidos durante el periodo pasante, se realizaron unas fichas técnicas de resumen de cada uno de los proyectos las cuales se encuentran en la sección de **ANEXOS**. Estas definidas como evidencia de las actividades realizadas de contenido y producto como pasante, desempeñando el **Cargo de Auxiliar de Ingeniería** mostrando a detalle el objetivo y el producto aportado a la empresa P&S Asociados S.A.S.

**Gráfica 1.** Manejo de software, Modelaciones y simulaciones cantidad de veces de uso

Fuente: Autor.

**Tabla 7-** Manejo de software, Modelaciones y simulaciones cantidad de veces de uso

| Software                    | Descripción                                                                                                                                                                                                                        | Cantidad |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Modelación Qual2k           | 12 planes de seguimiento y manejo de vertimientos, comprendía 3 modelaciones por municipio en 2 escenarios                                                                                                                         | 72       |
| Simulación HEC-HMS          | 2 estudios hidrológicos, donde se realizó el análisis hidrológico estructurar de un puente en el municipio de Motavita y para un proyecto de riesgo de mancha de inundación en Tunja. Para diferentes periodos de retorno          | 2        |
| Simulación en HEC RAS       | 2 estudios hidrológicos, donde se realizó la geometría de los cuerpos de agua mediante el modelado 3D del HEC RAS, teniendo en cuenta los valores de entrada de las simulaciones en HEC HMS                                        | 2        |
| Esquematzación en ArcGIS    | 12 planes de seguimiento y manejo de vertimientos 3 mapas por documento, descripción del sistema, áreas de influencia o cierres de cuencas, distribución y localización del municipio * 2 mapas de localización cierres de cuencas | 38       |
| Manejo Extensión Hec-GeoRAS | 1 exportación de Hec RAS a ArcGIS para elaboración de la mancha de inundación para el plan de riesgo de inundación de urbanización en Tunja                                                                                        | 1        |
| Manejo Extensión Hec-GeoHMS | 16 cierres de cuencas para cada municipio (PSMV 12 Municipios (2 cierres Garagoa y ciénega)) * 2 Estudios hidrológicos Tunja y Motavita                                                                                            | 16       |
| Manejo Civil 3D - AutoCAD   | Exportación de batimetría de terreno de en análisis estructurar del puente y del análisis de riesgo por inundación de los proyectos en el municipio de Motavita y Tunja, de manera correspondiente                                 | 2        |

Fuente: Autor.

#### 5.4 ENFOQUES ADICIONALES

En el tiempo establecido por la práctica profesional en la empresa P&S Asociados S.A.S, no solo comprendía el área de la hidrología y saneamiento básico, sino que también de manera integral la empresa se involucró en los Plan de manejo ambiental, ya que estos iban a finalidad con el papel de pasante que como estudiante desempeñaba en la empresa. Familiarizando la parte Ambiental, se tienen como resultados la elaboración del Plan de manejo ambiental para la remodelación del parque principal en el municipio de Motavita, realizando todo enfoque de identificación y evaluación de impactos , la elaboración de programas de manejo para la solución de problemáticas a partir del proyecto, la caracterización y diagnóstico del medio biótico, en relación a la flora a intervenir en el área del proyecto, la elaboración de inventario forestal y plantillas de muestreo de parámetros dasométricos y presupuesto de PMA.

Otra de las acciones, es la presentación de propuestas técnico-económicas para licitación a la empresa RAMO, Granja AVINSA S.A en el municipio de Cachipay, Cundinamarca, para la captación de agua lluvia por medio de las cubiertas de los galpones, realizando la parte de visita técnica para el reconocimiento del entorno y así mismo la elaboración del presupuesto y las condiciones viables para dicha licitación, teniendo en cuenta los requisitos y términos de referencia por parte del actor privado. Para esta actividad, se brindó el apoyo necesario en la parte de elaboración de informe y cálculos para el proceso de captación agua lluvia y el estudio hidrológico de la zona. De igual manera en la sección de anexos se puede observar a detalle una descripción breve de cada proyecto.

## **5.5 IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO**

Se relaciona un enfoque respecto al área de intervención durante el proceso de desarrollo de la práctica profesional, desempeñando cada una de las actividades pertinentes para contribuir a mejorar los indicadores y las cifras actuales a nivel nacional sobre el saneamiento básico y agua potable, enfocados en Planes de saneamiento y manejo de vertimientos, Estudios de Riesgo respecto a Inundaciones, Estudios Hidrologicos, Planes de manejo ambiental, Modelamiento y simulación ambiental relacionados con la calidad del recurso hídrico. Los impactos sociales están directamente relacionados con el desarrollo de las actividades que se desempeñen en el periodo de tiempo de la práctica profesional, donde se involucra cada proyecto a las dependencias municipales de los modelos a desempeñar, ya que los documentos terminados, tendrán un impacto sobre las comunidades respecto a la toma de decisiones, en la gobernabilidad de dichas zonas.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ejecución en el desarrollo de la práctica profesional corresponde al conocimiento vinculado de la teoría y la practica en la familiarización del área laboral, partiendo de la experiencia individual y propia. Se puede afirmar que se da cumplimiento y termino con éxito al culminar la práctica profesional cumpliendo con el periodo de tiempo establecido por la Universidad Santo Tomas como para la facultad de Ingeniería Ambiental de 480 horas en la empresa P&S ASOCIADOS S.A.S. y evidenciando los resultados en el término de este informe de pasantía final. La experiencia, los conocimientos y habilidades adquiridas durante el pregrado de ingeniería Ambiental, son de gran aporte para fundamentar el desarrollo exitoso de la practica profesional, evidenciando grandes aportes a la empresa, contemplando las actividades de trabajo aprobadas fortaleciendo las competencias laborales y los campos de acción a desempeñar a futuro como profesional.

La diferentes actividades asignadas y realizadas en P&S ASOCIADOS S.A.S, fueron aprobadas con éxito, dando cumplimiento a las expectativas y objetivos planteados al comienzo de este proceso, se da cumplimiento a programas y actividades asignados que son orientados al área de hidrología y saneamiento básico, en relación con los planes de manejo y seguimiento de vertimientos, a nivel nacional. Teniendo en cuenta lo anterior se entregaron (12) documentos sistematizados con los términos de referencia constituidos por la Resolución 1433 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por parte de la empresa.

De igual manera se entregan (2) Estudios Hidrologicos relacionados con los planes de riesgo frente a inundaciones y sobre el análisis hidrológico e hidráulico de estructuras sobre cauces, se puede concluir que se apoyo en varios proyectos tanto en el marco del objetivo general como fuera de este , en su defecto otras actividades encaminadas sobre un enfoque respecto al componente

ambiental, como los planes de manejo ambiental y la presentación de propuestas técnico económicas en ámbitos de licitaciones, esta serie de actividades adicionales fueron programadas y delimitadas área Ambiental, ampliando el medio comercial de la empresa P&S ASOCIADOS S.A.S en proyectos de estos ámbitos gracias a la participación de mi rol como auxiliar de ingeniería en proyectos ambientales .

Es importante conocer la importancia de práctica profesional o pasantía en la relación universidad y la comunidad, ya que, a partir de estos convenios con empresas privadas o públicas, se solucionan problemáticas sociales de temas nacionales y de importancia para la sociedad en el desarrollo del medio ambiente.

Como producto de la práctica profesional, enmarca la participación de grandes proyectos para el desarrollo de la comunidad, especificando en este documento la implementación de los Sistemas de información geográfico, software y herramientas para solución de problemáticas y mejora de veracidad de información con diferentes enfoques. La experiencia como practicante fortalece y demuestra que no solo la empresa aporta al estudiante sino por el contrario, el pasante aporta a la empresa de manera equitativa. Teniendo en cuenta lo anterior se dejan una serie de productos como la recopilación de conceptos y metodologías implementadas en el proceso, plantillas, mapas, documentos sistematizados, diagramas de flujo respecto a las metodologías de la empresa en diversos temas de interés; Estos productos servirán de gran apoyo y guía para el próximo practicante profesional en la empresa P&S ASOCIADOS S.A.S.



## 7      **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2016). (s.f.). Recuperado el 21 de enero de 2016, de Subdirección de Evaluación y Seguimiento:

Aparicio, F. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa; México

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>.

ASTM, (2003) *Standard test method for open-chanel measurement of time of travel using dye tracers*. Document D 5613 (Reapproved). West Conshohocken, USA: ASTM Standards International.

Barrero, F (2010). *Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial*. En: Ventana Informática. No. 22 (ene-jun., 2010). Manizales (Colombia): Universidad de Manizales. ISSN: 0123-9678

Ben Khalfallah, S. Saidi, (2018) *Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS - GIS tools: Case of the Medjerda river, Tunisia, Journal of African Earth Sciences*, Volume 142, Pages 44-51, ISSN 1464-343X.

Bosque Sendra, J. (2000) *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp, Madrid, 451 pp

Briik. (2010). Manual Microsoft Office / Excel 2010. [www.ebriik.com](http://www.ebriik.com)  
<https://www.uv.mx/personal/llopez/files/2013/03/Manual-Microsoft-Office-Excel-2010.pdf>

Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H. 2012. *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.12: Documentation and User's Manual*. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Chapra, S; Pelletier, G (2003). *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality: Documentation and User's Manual*. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1988). *Ampliad Hydrology*. Editorial Mc Graw-Hill; Estados Unidos de América.

CONAGUA. (2015) Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Saneamiento básico* ISBN: 978-607-626-013-5. México D.F

Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010). *Sick Water The central role of wastewater management in sustainable development*. United Nations Environment Programme, UNEP. Arendal: UN-HABITAT, GRID

CORPOCHIVOR. (2018) *Resolución Corpochivor No 982 del 2018. Se Establecen los Objetivos de Calidad de Aguas*. Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR), Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ).

CRA. 2007. *Comisión de Regulación de agua y saneamiento Básico. 15 años de Regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo en Colombia.* MAVDT. Colombia

*Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.*

Dingman, S. L. (1994). *Physical Hydrology*. Editorial Prentice-Hall; Estados Unidos de América.

DSIG. Dirección Provincial de Ordenamiento Territorial, (2011) *Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento territorial*. Ministerio de Infraestructura. La Plata, Argentina

ECP-2008, (2008). Egyptian Code of Practice for Urban and Rural Roads.

Engineers, U. A. (2009). *Hec-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension, user's manual*. Versión 4.2.

Gálvez Ordoñez, J.J. (2012). *Balance hídrico superficial*. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-08873. Lima Perú

Hesham Ezz (2018). *Integrating GIS and HEC-RAS to model Assiut plateau runoff. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.*

Hillel, D. (1980). *Fundamentals of Soils Physics*. Editorial Academic Press; Estados Unidos de América.

<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.004>.

IDEAM, 2018. *Protocolo De Modelación Hidrológica E Hidráulica*, 59 páginas. Bogotá, D.C.

ISBN: 978-958-5489-09-7

INVÍAS. (2009). *Manual de Drenajes para Carreteras*. Bogotá: Ministerio de Transporte

Junna Wang, Zhonglong Zhang, Blair Greimann, Victor Huang, (2018) *Application and evaluation of the HEC-RAS – riparian vegetation simulation module to the Sacramento River*, Ecological Modelling, Volume 368, Pages 158-168, ISSN 0304-3800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.11.011>.

Kannel P., Kannela, S. Lee, Y.-S. Lee. (2007). *Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal*, Ecol. Model. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2006.12.033. Env. Monit. Assess. 125: 201-217.

KILKPATRICK, F. and COOB, E. (1985) *Measurement of discharge using tracers*. Book 3, Chapter A16. Washington, D.C.: USGS,

M.R. Knebl, Z.-L. Yang, K. Hutchison, D.R. Maidment. (2005) *Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event*, Journal of Environmental Management, Volume 75, Issue 4, Pages 325-336, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.024>.

MADS - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. PNGIRH. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente, Dirección de Ecosistemas, Grupo de Recurso Hídrico

MADS, (2010) Decreto 3930 del 25 de octubre del 2010. *"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones"*

MADS, 2018. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible *Dirección De Gestión Integral Del Recurso Hídrico. Guía Nacional De Modelación Del Recurso Hídrico Para Aguas Superficiales Continentales*. Bogotá, D.C.

Min vivienda, (2018) *Plan director agua y saneamiento básico visión estratégica 2018-2030*. Gobierno de Colombia. Bogotá D.C, Colombia.

Min Vivienda. (2020). *Consulta Leyes vigentes. Viceministerio de agua y saneamiento básico. Normativa-Agua Gobierno de Colombia*.  
<http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/normativa-agua/leyes>.

Mohammadi, S.A.; Nazariha, M.; Mehrdadi N. (2014) *Flood Damage Estimate (Quantity), Using HEC-FDA Model. Case Study: The Neka River*, Procedia Engineering, Volume 70, Pages 1173-1182, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.130>.

MVCT. 2018. *Informe Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano INCA, 2018*. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Gobierno de Colombia. Bogotá D.C, Colombia.

Ordoñez, J. (2012). *Cartilla técnica: balance hídrico superficial*. Biblioteca Nacional del Perú. Sociedad Geográfica de Lima. Perú.

Orduña, F. 2007. *Aplicaciones de software SIG: ArcGIS 9.2. Lección 1: Introducción a ArcGIS Desktop*. UNIGIS Girona. 9ª ed. España. Universitat de Girona.

Ossa Gutiérrez, J. A; Estrada Urrego, G.A (2009). *Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia*. ESAP Escuela superior de Administración Pública. Antioquia Colombia

Rekalde, I.; Vizcarra, M.T. y Macazaga, A.M. (2014). *La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos*. Educación XX1, 17 (1), 199-220. doi: 10.5944/educxx1.17.1.1074.

Remenieras, G. (1974). *Tratado de hidrología aplicada*. Editores Técnicos Asociados, S.A.; España.

SIVICAP. <https://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>

Soil Conservation Service (1975). *Use of storm and watershed characteristics in synthetic hydrograph analysis an application*. U S Department of Agriculture

Sokolov, A.A. Y Chapman, T.C. (1981). *Métodos de cálculo del balance hídrico, guía internacional de investigación y métodos*. UNESCO. Versión Española.

Suescun L.L; Africano G.J, (2018) *Estudio hidrológico y Balance Hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto Inter veredal en Nunchía, Casanare*. Universidad Católica de Colombia facultad de ingeniería programa de especialización en recursos hídricos. Bogotá D.C

Syafri, R.R., Hadi, M.P., Suprayogi, S. (2020). *Hydrodynamic Modelling of Juwana River Flooding Using HEC-RAS 2D IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, c1d8 DOI: 10.1088/1755-1315/412/1/012028.

Témez, J. (1978). *Calculo Hidrometeorológico de Caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. 111p.

Torres Vega, P. J. (2016). *Simulación de sistemas con el software Arena*. Universidad de Lima. Fondo Editorial.

UNAM, (2010) *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. México: Instituto de Investigaciones Económicas, 308 p. ISBN 978-607-02-1455-4

Upcommons, (2016) *HEC-RAS*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3274/53816-9.pdf>

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

Vargas, M. R. y Díaz-Granados, D. M. (1998). *Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad Duración-Frecuencia para Colombia*. Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá

Ven Te Chow, (1994) *Hidrología Aplicada*.

Viessman, W., Lewis, G.L. y Knapp, J.W. (1989). *Introduction to Hydrology*. Editorial Harper and Row, 3ª Edición; Estados Unidos de América.

## **8      ANEXOS**





PLANES DE MANEJO Y SEGUIMIENTO DE VERTIMIENTOS REALIZADOS  
A CORPOBOYACA Y CORPOCHIVOR.



|                             |                                          |                            |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Responsable General</b>  | Ing. M Sc. Manuel Felipe Pérez Pava      |                            |
| <b>Tutor Universitario</b>  | Ing. M Sc. Claudia Rocío Suarez Castillo |                            |
| <b>Nombre Practicante</b>   | Camilo Andrés Mariño Arias               |                            |
| <b>Facultad</b>             | Ingeniería Ambiental                     |                            |
| <b>Cargo de Practicante</b> | Auxiliar de ingeniería                   |                            |
| <b>Dependencia</b>          | Saneamiento básico                       | Entre febrero y abril 2021 |

**Objetivo General:**  
Elaborar 12 planes de Saneamiento básico y agua potable basados en PSMV en los municipios a nivel nacional, modelando la formulación de proyectos en la jurisdicción de Corpoboyacá y Corpochivor.

**Actividades Asignadas**  
Realizar el estudio y análisis hidrológico  
Identificar los regímenes de precipitación del área de estudio  
Balances Hídricos, Trasposición de Caudales  
Cierres de cuencas hidrográficas de fuentes receptoras  
Cartografía y mapas de localización de los puntos y sistema de vertimientos  
Simulación de Modelos Qual2k en 2 escenarios con 3 caudales  
Elaboración de Plantilla y contenido de PSMV

**Localización Zona de Estudio**

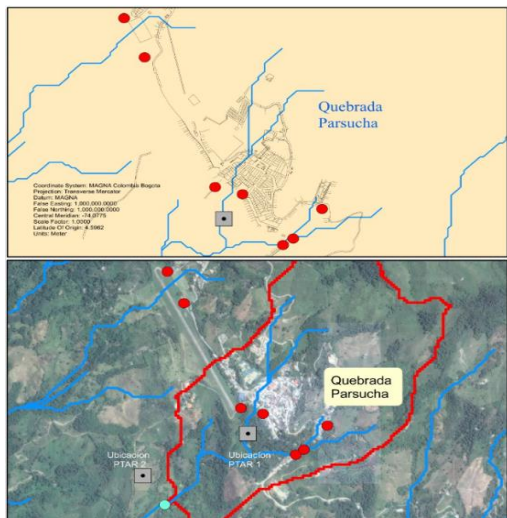
Municipios

Garagoa, Nuevo colon, Tenza, Umbita, Tibana, Ramiriquí, Boyacá Boyacá, Ciénega, Turmequé, Campo Hermoso, San Luis de Gaceno y Otanche

**Herramientas y Software Implementados**

AutoCAD, Excel, Arc Gis, Hec-Geohms, Qual2K

**Contenido y Estructura del Documento**



**Aportes del Pasante:**

1. Se ordeno la información de las estaciones climatológicas disponibles activas de las de precipitación de cada municipio en relación desde 1995 a 2020. De igual manera la elaboración de las memorias de cálculo de balance y trasposición de caudales para cada fuente receptora
2. Se elaboro toda la parte de georreferenciación, cierre de cuenca respecto al cauce receptor y construcción de mapas de los puntos y sistemas de vertimientos en ArcGIS y hec-Geohms para cada municipio.
3. Simulaciones en el modelo de calidad de agua Qual2k en 2 escenarios con tratamiento y sin tratamiento, mostrando el comportamiento aguas arriba y aguas abajo con 3 caudales de aforo, caudal mínimo y caudal medio de la fuente receptora para cada municipio.

**Elaboración de 12 documentos con análisis Hidrológicos, simulaciones y mapas**

**P&S ASOCIADOS S.A.S**

**Observaciones:** Se realizaron los 12 PSMV, cabe resaltar que como pasante se diseñó cada diagrama de flujo para los procesos en general según su finalidad, se realizaron plantillas de los capítulos y memorias de cálculo en cada proyecto.

|                  |               |
|------------------|---------------|
| NIT              | 900.913.780-1 |
| Nº FICHA RESUMEN | 1             |



**ESTUDIO DE CONSULTORÍA PARA, ANÁLISIS HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO DEMOCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR  
EN SECTOR EL MOLINO MUNICIPIO DE MOTAVITA, DEPARTAMENTO DE  
BOYACÁ.**



ESTUDIO DE CONSULTORIA PARA, ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DEMOCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR EN SECTOR EL  
MOLINO MUNICIPIO DE MOTAVITA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.



RESPONSABLE:

JULIAN FEDERICO FLOREZ AVELLANEDA  
NIT. 7.186.868

EQUIPO CONSULTOR:



MUNICIPIO DE MOTAVITA  
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ  
FEBRERO DE 2021

**Responsable General**

Ing. M Sc. Manuel Felipe Pérez Pava

**Tutor Universitario**

Ing. M Sc. Claudia Rocío Suarez Castillo

**Nombre Practicante**

Camilo Andrés Mariño Arias

**Facultad**

Ingeniería Ambiental

**Cargo de Practicante**

Auxiliar de ingeniería

**Dependencia**

Saneamiento básico  
/ Hidrología

Fecha: Febrero 2021

**Objetivo General**

Elaborar el estudio hidrológico e hidráulico para la demolición y reconstrucción de puente vehicular en el sector el molino en el municipio de Motavita, Boyacá

**Actividades Asignadas**

Realizar el estudio y análisis hidrológico  
Identificar los regímenes de precipitación del área de estudio  
Construir Curvas IDF  
Realiza el estudio hidráulico a partir de HEC RAS

**Localización Zona de Estudio**

Departamento

Boyacá

Municipio

Motavita

**Herramientas y Software Implementados**

AutoCAD, Arc Gis, HEC HMS, HEC RAS

**Contenido y Estructura del Documento**

**CONTENIDO**

|       |                                                                           |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUCCIÓN.....                                                         | 6  |
| 2     | ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....                                                 | 7  |
| 2.1   | GENERALIDADES.....                                                        | 7  |
| 2.2   | INFORMACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA.....                                       | 9  |
| 2.3   | CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS BÁSICAS.....                                 | 9  |
| 2.4   | REGÍMEN DE PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL.....                            | 11 |
| 2.4.1 | Precipitación Total mensual y anual.....                                  | 11 |
| 2.4.2 | Precipitación máxima en 24 horas mensual y anual.....                     | 13 |
| 2.4.3 | Parámetros climatológicos a nivel mensual y anual multianual.....         | 14 |
| 2.5   | CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA.....                            | 17 |
| 2.6   | HISTOGRAMAS PRECIPITACIÓN DE DISEÑO.....                                  | 21 |
| 2.6.1 | Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia.....                            | 21 |
| 2.6.2 | Características de las hoyas hidrográficas.....                           | 21 |
| 2.6.3 | Tiempo de concentración.....                                              | 21 |
| 2.6.4 | Hietogramas de los aguaceros puntuales.....                               | 22 |
| 2.7   | HISTOGRAMAS DE DISEÑO.....                                                | 23 |
| 3     | ESTUDIOS HIDRÁULICOS.....                                                 | 25 |
| 3.1   | LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y BATIMÉTRICOS.....                           | 25 |
| 3.2   | CAUDAL DE DISEÑO.....                                                     | 26 |
| 3.3   | MODELACIÓN HIDRÁULICA.....                                                | 26 |
| 3.3.1 | Características Geométricas y Fisigráficas de la Cuenca hidrográfica..... | 26 |
| 3.4   | ANÁLISIS HIDRÁULICO CONDICIONES ACTUALES.....                             | 27 |
| 4     | SOCACACIÓN.....                                                           | 31 |
| 5     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                           | 34 |

**Aportes del Pasante:**

(El puente se encuentra ubicado en el sector el molino en el municipio de Motavita Boyacá)

1. Se realizó convirtiéndose la información preliminar (Batimetría) respecto a la localización de la zona de estudio, en los formatos de GIS formato, Dwg, y Geo.
2. Se elaboró toda la parte de georreferenciación, cierre de cuenca respecto al cauce principal y construcción de mapas del proyecto en ArcGIS
3. Memoria de Cálculos para la construcción de curvas IDF, Hietogramas
4. Simulaciones en HEC HMS, caudales pico y Simulación y construcción de geometría del río en HEC RAS, realizadas para un periodo de retorno de 25 años.

**P&S ASOCIADOS S.A.S**

NIT

900.913.780-1

Nº FICHA RESUMEN

2

**Observaciones:** De igual manera, cabe resaltar que como pasante se diseñó cada diagrama de flujo para los procesos en general según su finalidad, se realizaron plantillas de los capítulos y memorias de cálculo en cada proyecto.



**ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE ADECUACIÓN HIDRÁULICA Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA PARA EL MANEJO HIDRÁULICO DEL RÍO CHICAMOCHA – SUBTRAMO 1.1 RIO JORDAN**



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ  
CORPOBOYACÁ  
CONTRATO CCC 2016- 175**

CONSULTORÍA PARA ELABORAR ESTUDIOS TÉCNICOS NECESARIOS PARA DEFINIR LA RONDA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, LA COTA MÁXIMA DE INUNDACIÓN Y LAS ALTERNATIVAS DE ADECUACIÓN HIDRÁULICA EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA.

**C175-IDEF-1.1 VF  
ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE ADECUACIÓN  
HIDRÁULICA Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA  
PARA EL MANEJO HIDRÁULICO DEL RÍO CHICAMOCHA –  
SUBTRAMO 1.1**



**CONSORCIO RÍO CHICAMOCHA IEH GRUCON – H&E**

**SUPERVISOR:**  
RAFAEL ANDRÉS CARVAJAL SANTISTEBAN  
JAIRO IGNACIO GARCÍA RODRÍGUEZ

**Responsable General**

Ing. M Sc. Manuel Felipe Pérez Pava

**Tutor Universitario**

Ing. M Sc. Claudia Rocío Suarez Castillo

**Nombre Practicante**

Camilo Andrés Mariño Arias

**Facultad**

Ingeniería Ambiental

**Cargo de Practicante**

Auxiliar de ingeniería

**Dependencia**

Saneario básico  
/ Hidrología

Fecha: Marzo 2021

**Objetivo General**

Elaboración de macha de inundación para un Tr: 100 años, los resultados del modelo hidráulico en el tramo comprendido y el Modelo Digital de Terreno-MDT del tramo 1.1 y diagnóstico de estructuras

**Actividades Asignadas**

Realizar plan de riesgo y análisis hidrológico  
Identificar los regímenes de precipitación del área de estudio  
Construir Curvas IDF  
Determinar de Caudales Pico Simulación HEC MHS  
Simular caudales en HEC RAS Tr 100 años  
Elaboración de mancha de Inundación para un periodo de retorno de 100 años  
Realizar el Diagnóstico de las estructuras existentes en el Tramo 1.1  
Elaborar de Informe y Mapas de riesgo de inundación.

**Localización Zona de Estudio**

Departamento

Boyacá

Municipio

Tunja

**Herramientas y Software Implementados**

Arc Gis, Hec Geohms, Hec GeoRas, HEC HMS, HEC RAS

**Contenido**



**Aportes del Pasante:**

(El puente se encuentra ubicado en el sector el molino en el municipio de Motavita Boyacá)

1. Se realizó y convirtió la información preliminar (Batimetría) respecto a la localización de la zona de estudio, en los formatos de GIS formato, Dwg, y Geo.
2. Se elaboró toda la parte de georreferenciación, cierre de cuenca respecto al cauce principal y construcción de mapas del proyecto en ArcGIS
3. Memoria de Cálculos para la construcción de curvas IDF, Hietogramas
4. Simulaciones en HEC HMS, caudales pico y Simulación y construcción de geometría del río en HEC RAS, realizadas para un periodo de retorno de 25 años.

**P&S ASOCIADOS S.A.S**

NIT

900.913.780-1

Nº FICHA RESUMEN

3

**Observaciones:** De igual manera, cabe resaltar que como pasante se diseñó cada diagrama de flujo para los procesos en general según su finalidad, se realizaron plantillas de los capítulos y memorias de cálculo en cada proyecto.



FORMULACIÓN DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL REMODELACIÓN  
PARQUE PRINCIPAL MUNICIPIO DE MOTAVITA DEPARTAMENTO DE  
BOYACÁ



FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
REMODELACIÓN PARQUE PRINCIPAL  
MUNICIPIO DE MOTAVITA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



ELABORÓ: MANUEL FELIPE PÉREZ PAVA  
INGENIERO SANITARIO, M.Sc  
VERSIÓN 2 - MARZO DE 2021

|                      |                                          |                   |
|----------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Responsable General  | Ing. M Sc. Manuel Felipe Pérez Pava      |                   |
| Tutor Universitario  | Ing. M Sc. Claudia Rocío Suarez Castillo |                   |
| Nombre Practicante   | Camilo Andrés Mariño Arias               |                   |
| Facultad             | Ingeniería Ambiental                     |                   |
| Cargo de Practicante | Auxiliar de ingeniería                   |                   |
| Dependencia          | PMA                                      | Fecha: Marzo 2021 |

**Objetivo General**

Elaborar Plan de manejo ambiental para la remodelación del parque principal del municipio Motavita

**Actividades Asignadas**

Plantear medidas para el manejo de impactos socio - ambientales causados sobre los elementos del medio físico, biológico y socio económico por la ejecución del proyecto.

Caracterizar la zona de estudio, entorno y caracterización del ambiental

Realizar la evaluación ambiental de las actividades de producción de obra

Realizar programas de plan de manejo ambiental

Elaborar el plan de monitoreo y control (Presupuesto General PMA)

**Localización Zona de Estudio**

|              |        |           |          |
|--------------|--------|-----------|----------|
| Departamento | Boyacá | Municipio | Motavita |
|--------------|--------|-----------|----------|

**Herramientas y Software Implementados**

AutoCAD

**Contenido**

**Aportes del Pasante:**

1. Elaboración de matriz de evaluación e identificación de impactos, respecto a la evaluación ambiental de las acciones producidas por la obra civil
2. Caracterización del ambiente, se realizó un inventario forestal a las plantas actuales respecto al diseño propuesto, teniendo en cuenta los parámetros dasométricos y el tipo de especies que se encuentran en la actualidad. Realizando el muestreo y el registro de campo del reconocimiento forestal, de igual manera realizando una lista de chequeo del estado y las condiciones normativas vigentes para la remoción o traslado de dichos cuerpos arbóreos o especies.
3. Elaboración de 6 programas para mitigar los impactos socio económicos y ambientales, causados por la obra antes, durante y después. El plan de monitoreo y control. Se elaboro el presupuesto general. La elaboración del informe final se estableció como plantilla para posteriores planes de manejo

**P&S ASOCIADOS S.A.S**

|                  |               |
|------------------|---------------|
| NIT              | 900.913.780-1 |
| N° FICHA RESUMEN | 4             |

**Observaciones:** Adicional se realizó. El inventario forestal, las fichas técnicas de cada una de las especies del parque, el proceso y guía de muestreo de cuerpos arbóreos, Planos de distribución de especies, memoria de cálculos dasométricos.

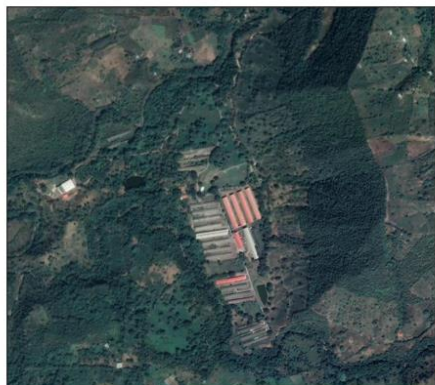




**PROPUESTA TECNICO-ECONOMICA LICITACION PARA LA DEFINICION DE LA CAPACIDAD DE CAPTACION DE AGUA LLUVIA EN LAS CUBIERTAS DE LOS GALPONES DE LA GRANJA AVINSA.**



**PROPUESTA TÉCNICO - ECONÓMICA LICITACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA EN LAS CUBIERTAS DE LOS GALPONES DE LA GRANJA AVINSA**



ABRIL DE 2021

|                             |                                          |                   |
|-----------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| <b>Responsable General</b>  | Ing. M Sc. Manuel Felipe Pérez Pava      |                   |
| <b>Tutor Universitario</b>  | Ing. M Sc. Claudia Rocío Suarez Castillo |                   |
| <b>Nombre Practicante</b>   | Camilo Andrés Mariño Arias               |                   |
| <b>Facultad</b>             | Ingeniería Ambiental                     |                   |
| <b>Cargo de Practicante</b> | Auxiliar de ingeniería                   |                   |
| <b>Dependencia</b>          | Consultoría licitaciones/                | Fecha: abril 2021 |

**Objetivo General**  
Presentar propuesta técnico-económica para la definición de la capacidad de captación de agua lluvia en las cubiertas de los galpones de la granja AVINSA ubicada en el municipio de Cachipay-Cundinamarca.

**Actividades Asignadas**  
Asistir a la visita técnica en la Granja AVINSA  
Tomar Registro fotográfico de las zonas de captaciones y posibles áreas de aporte, Reconocer las fuentes de abastecimiento y posibles fuentes de recolección del recurso hídrico.  
Registrar los Puntos a partir de GPS, Identificación de variables y estados del clima.  
Elaborar presupuesto y propuesta técnico-económica según los términos de referencia

|                                              |              |              |           |          |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| <b>Localización Zona de Estudio</b>          | Departamento | Cundinamarca | Municipio | Cachipay |
| <b>Herramientas y Software Implementados</b> | No Aplica    |              |           |          |

**Contenido**

| PRESUPUESTO CONSULTORIA |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| ZONA:                   | VERSION 1                                                                                                   | FECHA DE EMISIÓN                                                                                                                                                                                                                                                        | noviembre DE 2020                                          |
| CENTRO                  | DEPARTAMENTO - CUNDINAMARCA                                                                                 | MUNICIPIO                                                                                                                                                                                                                                                               | CACHIPAY                                                   |
| OBJETO DEL CONTRATO     | DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA EN LAS CUBIERTAS DE LOS GALPONES DE LA GRANJA AVINSA | AREA PROYECTO (m2):                                                                                                                                                                                                                                                     | GALPONES GRANJA AVINSA SA 74° 29' 50.558 W 4° 41' 56.296 N |
| ELABORÓ                 | P&S ASOCIADOS SAS                                                                                           | FECHA BASE DE DATOS                                                                                                                                                                                                                                                     | noviembre DE 2020                                          |
| Estudios Base           |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |
|                         | ITEM                                                                                                        | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                             | VALOR TOTAL                                                |
| 1                       | Estudio hidrológico                                                                                         | Informe general de los estudios y análisis realizados. Incluye modelaciones si aplica. Informe general de los estudios y análisis realizados. Incluye modelaciones si aplica. Estimado de Captación diaria (365 días) de acuerdo con los históricos (Matriz día a día). | \$ 2.300.000                                               |
| 2                       | Diseño hidráulico                                                                                           | Dimensiones de la estructura de almacenamiento                                                                                                                                                                                                                          | \$ 1.000.000                                               |
| 3                       | Diseño y Predimensionamiento de obra civil, sistema de captación de agua lluvia y Almacenamiento            | prediseño de la estructura de almacenamiento garantizando un eficiente almacenaje teniendo en cuenta que el consumo diario de la Granja es de 250 m3/día.                                                                                                               | \$ 300.000                                                 |
| 5                       | Estudio de calidad de agua lluvia                                                                           | Determinación del índice de calidad del agua captada                                                                                                                                                                                                                    | \$ 250.000                                                 |
| SUB TOTAL               |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         | \$ 3.600.000                                               |
| IVA 19 %                |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         | \$ 684.000                                                 |
| COSTO TOTAL             |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         | \$ 4.284.000                                               |

- Aportes del Pasante:**
1. Registro fotográfico de las zonas de aportación y áreas fuentes abastecedoras, elaboración de mapas de contextualización sobre el proyecto y los términos de referencia de la licitación.
  2. Para el proceso de elaboración del estudio de Capacidad de Captación de agua en las cubiertas de los Galpones de la Granja AVINSA, se consideran 4 ítems principales a fin de atender los requerimientos establecidos por la empresa AVICULTURA INDUSTRIAL AVINSA S.A.S para la aprobación de la propuesta.
  3. Elaboración de matriz de trabajo y presupuesto respecto a los términos de referencia establecidos por la empresa, con el fin de su aprobación.

|                     |               |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P&S ASOCIADOS S.A.S |               | <b>Observaciones:</b> Se puede a la fecha que se aprobó con éxito gracias a la entrega en los tiempos establecidos por el auxiliar y el desempeño de este durante la visita a dudas sobre la licitación y la ejecución de esta. |
| NIT                 | 900.913.780-1 |                                                                                                                                                                                                                                 |
| N° FICHA RESUMEN    | 5             |                                                                                                                                                                                                                                 |

