

INFORME ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN SEMILLERO SHWR (SEEDBED
IN HYDROLOGY AND WATER RESOURCES MANAGEMENT)

ANGIE LORENA GONZÁLEZ MENDOZA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2022

INFORME DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN SEMILLERO SHWR
(SEEDBED IN HYDROLOGY AND WATER RESOURCES MANAGEMENT)

ANGIE LORENA GONZÁLEZ MENDOZA

Informe final de actividades realizadas en el semillero de investigación presentado
como requisito para optar por el título de profesional en Ingeniería Civil

Director:

PhD. Carlos Andrés Caro Camargo

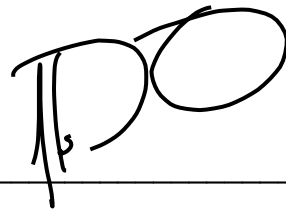
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2022

Nota de aceptación:



Firma del director del Semillero

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

Tunja _____ de 2022

DEDICATORIA

A ti mamita, por el amor incondicional que me has brindado desde el principio, por estar para mí en cada etapa de este proceso, no estaría donde estoy si no fuera por tus esfuerzos y por tu entrega, te prometí que sería hasta tus cincuenta y aquí estamos juntas, lo logramos. A mi esposo y mi princesa, les dedico este logro, gracias por impulsarme y por motivarme siempre a salir adelante, por el amor infinito que me han brindado y por estar siempre para mí, lo son absolutamente todo en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios infinitas gracias por permitir que esto sea posible, a mi madre por nunca dejar de creer en mí, a mi esposo e hija porque es gracias a ellos que continué mi carrera y por quienes luché cada día por llegar hasta aquí, a mis hermanitas y mi cuñado por siempre estar presentes para darme aliento, por confiar en mi proceso y por nunca dejar de creer que lo iba a lograr. Agradezco a mi director de semillero, por el acompañamiento de principio a fin en este proceso y por las enseñanzas que me deja.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	13
2.1 ANÁLISIS DE TORMENTAS CON REGISTROS PLUVIOGRÁFICOS	13
2.1.1 Asignación de las cartas pluviográficas para cada estudiante	13
2.1.2 Revisión de cartas pluviográfica.....	13
2.1.3 Determinar intervalos de tiempo.....	14
2.1.4 Análisis inicial del pluviograma.....	15
2.1.5 Cálculo de acumulación total de agua.....	16
2.1.6 Selección de aguaceros más fuertes.....	16
2.1.7 Recopilación de datos calculados	17
2.2 ESTADO DEL ARTE PRECIPITACIÓN EN BOYACÁ.....	20
2.2.1 Definición elementos de recolección de datos de precipitación	20
2.2.2 Definición tipos de estaciones hidrológica.....	21
2.2.3 Análisis de la información obtenida	21
2.3 PREPARACIÓN DE MATERIAL DE APOYO PARA PUBLICACIONES EN TEMÁTICA DE HIDROLOGÍA	30
2.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO ÍNDICE GWI AL MUNICIPIO DE RONDÓN BOYACÁ	32
2.4.1 RESULTADOS APLICACIÓN METODOLOGÍA ÍNDICE GWI PARA EL MUNICIPIO DE RONDÓN BOYACÁ.....	36
2.4.2 CONCLUSIONES FINALES.....	46
2.5 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE ESTRUCTURAS TIPO BOX CULVERTS EN BOYACÁ.....	47
2.6 INVESTIGACIÓN Y ELABORACIÓN DE PRESENTACIÓN FORMATO PPT DE METODOLOGÍA PASO A PASO DEL MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL TRÁNSITO DE CRECIENTES.....	51
CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Carta pluviográfica año 1984. Estación El Vivero	14
Figura 2 Señalamiento de escala de captación en carta pluviográfica.	15
Figura 3 Pendientes del pluviograma.	16
Figura 4 Estaciones climatológicas del departamento de Boyacá.....	20
Figura 5 Ventajas y desventajas del agua.....	31
Figura 6 Ciclo hidrológico	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formato precipitación máxima para análisis de tormentas.....	17
Tabla 2 Hoja resumen para construcción curvas IDF.....	18
Tabla 3 Estaciones climatológicas de Boyacá.....	22
Tabla 4 Estaciones tipo climatológica principal	25
Tabla 5 Estaciones pluviográficas y ubicación	25
Tabla 6 Estaciones pluviométricas y ubicación	26
Tabla 7 Estaciones Climática ordinaria y ubicación.	28
Tabla 8 Estación Limnigráfica y ubicación	28
Tabla 9 Estaciones agrometeorológicas y ubicación.....	29
Tabla 10 Estaciones especiales y ubicación	29
Tabla 11 Valor máximo de precipitación	29
Tabla 12 Indicadores de evaluación Índice GWI	34
Tabla 13 Criterios generales de evaluación	35
Tabla 14 Criterios específicos de evaluación	35
Tabla 15 Resultados de los indicadores índice GWI	36
Tabla 16 Resultado índice GWI.....	46
Tabla 17 Informe caracterización hidrológica Box-Culvert	48

RESUMEN

El presente documento contiene la información correspondiente a las actividades realizadas en el semillero de investigación en recursos hídricos SHWR (SEEDBED IN HYDROLOGY AND WATER RESOURCES MANAGEMENT) adscrito a la Universidad Santo Tomás seccional Tunja en el periodo correspondiente a 2020-1 a 2021-2. Las actividades corresponden a análisis de tormentas con registros pluviográficos de las estaciones hidrológicas del departamento de Boyacá haciendo uso de la información recopilada desde aproximadamente cincuenta años; también se realizaron análisis de datos de precipitación de estaciones climatológicas estableciendo cantidad, tipo, ubicación y distribución de las mismas; apoyo en preparación de material de apoyo para publicaciones en temática de hidrología; Caracterización hidrológica del departamento de Boyacá; Aplicación de la metodología administración del recurso hídrico índice GWI al municipio de Rondón Boyacá y Caracterización de estructuras hidrológicas tipo Box culverts en Boyacá.

ABSTRACT

This document contains information on the activities carried out at the SHWR (SEEDBED IN HYDROLOGY AND WATER RESOURCES MANAGEMENT) water resources research seminar at the Tunja St. Thomas University in the period 2020-1 to 2021-2. The activities correspond to storm analysis with rainfall records of the water stations of Boyaca department using information collected from approximately fifty years; also, analysis of weather station precipitation data was carried out establishing the quantity, type, location and distribution of the weather stations; support in the preparation of supporting material for publications on hydrology issues; Hydrological characterization of the department of Boyaca; application of the methodology administration of the GWI index water resource to the municipality of Rondon Boyaca and characterization of Box culverts hydrological structures in Boyaca.

INTRODUCCIÓN

La participación activa en el semillero de investigación SHWR (Seedbed in hydrology and water resources management) desarrolló habilidades investigativas, de pensamiento lógico y de comunicación que permitieron llevar a cabo las actividades y que se obtuvieran resultados óptimos en cada una de ellas. A su vez, el análisis de información hidrológica como: revisión de registros pluviográficos, datos de precipitación, caracterización hidrológica de estaciones climatológicas, material de apoyo de temáticas hidrológicas, aplicación de la metodología administración del recurso hídrico índice GWI a ciertos municipios del departamento y la caracterización de estructuras tipo box culverts, todo enfocado en el departamento de Boyacá, permite realizar un sondeo de la situación hidrológica del mismo y se podría considerar como un estado del arte para acciones futuras en pro del departamento. A continuación, se describen cada una de las actividades anteriormente mencionadas, los resultados obtenidos y los registros fotográficos y documentales que soportan las mismas.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Describir las actividades realizadas durante la participación del semillero de investigación SHWR (Seedbed in Hydrology and Water Resources Management).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar los resultados obtenidos en las actividades de investigación desarrolladas, como por ejemplo en el análisis de tormentas y registros pluviográficos; aplicación índice GWI al municipio de Rondón Boyacá, entre otras.
- Elaborar un registro documental y fotográfico (si se requiere) con las conclusiones de las actividades.
- Demostrar los aportes realizados al semillero de investigación durante el desarrollo de cada diligencia asignada.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1 ANÁLISIS DE TORMENTAS CON REGISTROS PLUVIOGRÁFICOS

La primera actividad desarrollada en el semillero de investigación se llevó a cabo durante el primer semestre del año 2020, se realizó una colaboración entre el Ingeniero Carlos Caro Camargo y la Ingeniera Laura Garavito, quienes guiaron el proceso que consistió en:

2.1.1 Asignación de las cartas pluviográficas para cada estudiante

Para iniciar el trabajo individual, se asignaron a cada uno de los participantes del semillero las carpetas que contenían las cartas pluviográficas a analizar. Un total de 23 carpetas dentro de las cuales se encontraban las imágenes tipo JPEG.

2.1.2 Revisión de cartas pluviográfica

Los pluviogramas son una serie de registros de la lluvia en un tiempo determinado, dicho registro es captado por un pluviógrafo o pluviómetro y se visualiza por medio de una carta pluviográfica¹. En la figura número 1, se evidencia una carta pluviográfica de la Estación El Vivero y el registro correspondiente al mes de junio del año 1984.

¹ CARO, C- A- (2020). GARAVITO, L. (2020) Video explicativo ANÁLISIS DE TORMENTAS CON REGISTROS PLUVIOGRÁFICOS

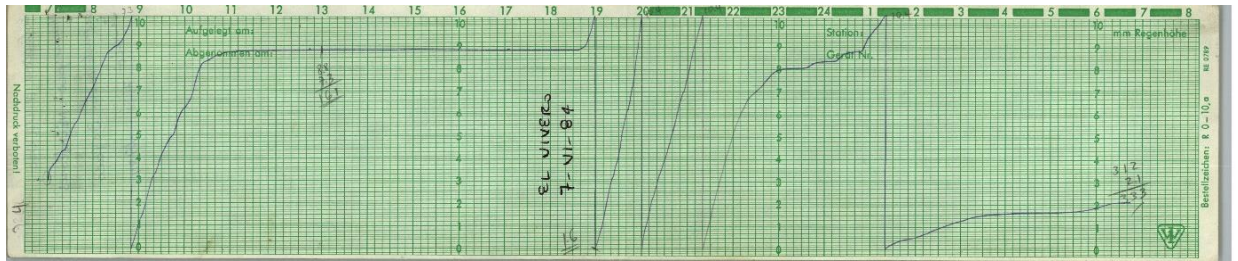


Figura 1 Carta pluviográfica año 1984. Estación El Vivero

2.1.3 Determinar intervalos de tiempo

En la zona superior de la carta pluviográfica, se encuentra la escala de tiempo correspondiente a 24 horas del día, dicha escala permite verificar la hora de inicio y de fin del evento de precipitación captado por el pluviógrafo, además de que, por medio de ésta, se verifica la cantidad de veces en las que se presentan eventos de lluvia durante un día.

La sección vertical de la carta se presenta la escala de acumulación de agua que va desde 1 mililitro hasta 10 mililitros, cabe destacar que esto no quiere decir que los 10 mililitros sean el valor máximo posible de un evento de precipitación, sino que es la capacidad de carga del tanque, que, una vez lleno realiza un proceso de descarga y se repiten los pasos anteriormente mencionados. En la figura 2 se destaca la escala de captación en una carta pluviográfica.

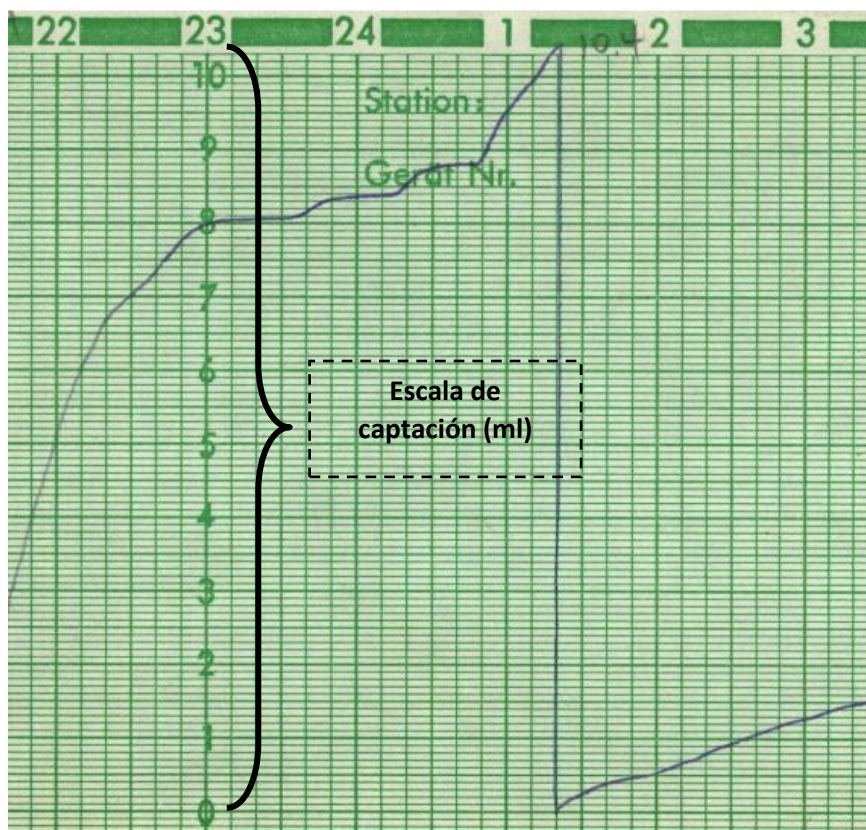


Figura 2 Señalamiento de escala de captación en carta pluviográfica.

2.1.4 Análisis inicial del pluviograma

La cantidad de lluvia captada y la intensidad de la misma se puede evidenciar por medio de las pendientes, siendo que, una pendiente alta indica que se capta agua en un lapso de tiempo corto, si la pendiente es menor, indica que existe el evento de precipitación, pero se capta en un periodo de tiempo mayor. Ahora bien, si la línea se mantiene de forma horizontal indica que ha terminado el evento, es decir, que ya no se capta agua, en la figura 3 se muestran las pendientes pronunciadas y presentes en el registro pluviográfico de la Estación El Vivero.

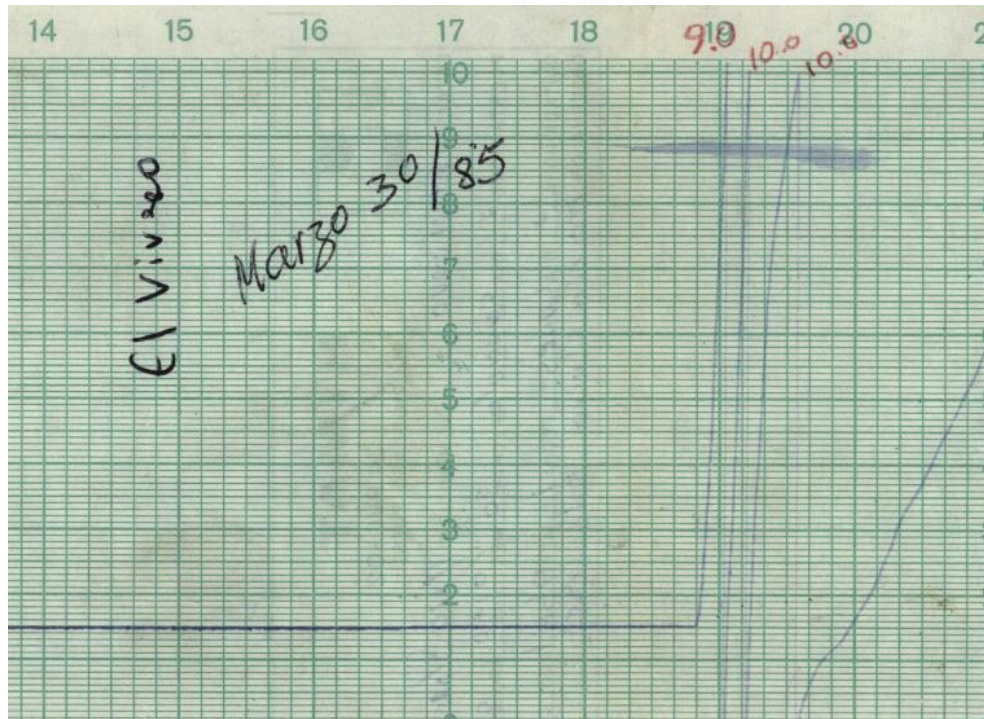


Figura 3 Pendientes del pluviograma.

2.1.5 Cálculo de acumulación total de agua

Con ayuda de la escala de captación de precipitación y teniendo en cuenta el análisis de las figuras formadas en el pluviograma, se calculó el valor de acumulación total de agua sumando los valores de acumulación hasta el punto en el cual el evento de precipitación terminó.

Para un cálculo mucho más acertado, se discretizó el cálculo para un periodo de tiempo de diez minutos, es decir, se determinó que cantidad de agua fue captada en un intervalo de tiempo de diez minutos. Esto permitirá evidenciar cual fue el momento del evento en el cual llovió con mayor intensidad.

2.1.6 Selección de aguaceros más fuertes

Para efectos de precisión en el desarrollo de esta actividad, se discriminó el periodo de tiempo de 2 horas en las cuales se presentó la lluvia con mayor intensidad.

2.1.7 Recopilación de datos calculados

Una vez obtenidos los datos de las cartas pluviográficas, se procede a consignar dicha información en una hoja de cálculo formato Excel, el proceso se realiza para cada año, es decir, se crea una hoja independiente para cada uno de los años de estudio, en la tabla se encuentran los campos de datos para cada año en los cuales se relacionan los valores de precipitación en milímetros para las tormentas y la tormenta final seleccionada.

Tabla 1 Formato precipitación máxima para análisis de tormentas.

Tiempo (min)	P(mm)			
	Tormenta 1	Tormenta 2	Tormenta 3	Tormenta seleccionada
Fecha				
0				
5				
10				
20				
30				
45				
60				
90				
120				
Duración (min)				
P máx. (mm)				

Fuente: “elaboración propia”

Dentro de esta tabla se encuentran definidos los intervalos de tiempo dentro de los cuales se analizan los datos del evento de precipitación. Por otro lado, dependiendo del comportamiento climático presentado durante el año de estudio se pueden presentar hasta cuatro tormentas máximas, como también, eventos en los cuales solamente se registra una tormenta. Lo que se busca es que por medio de la Tabla 1 se destaque la tormenta máxima seleccionada para el año.

Una vez realizado el proceso de consignación de datos, se llenó la tabla 2 que corresponde a la tabla resumen que facilita la interpretación de los datos destacados para cada año.

Tabla 2 Hoja resumen para construcción curvas IDF

FECHA			DURACIÓN (min)							
AÑO	MES	DIA	5	10	20	30	45	60	90	120
1984	8	23								
1985	3	30								
1986	5	14								
1987	11	30								
1988	10	12								
1989	6	22								
1990	5	21								
1991	7	9								
1992	8	1								
1993	-	26								
1994	5	6								
1995	12	24								
2000	-	27								
2001	7	30								
2004	8	24								
2005	4	26								
2006	10	24								
2007	6	27								
2008	7	11								
2009	7	8								
2010	11	16								
2011	5	3								
2012	4	16								

Los datos que se visualizan en la tabla 2 corresponden al ejercicio realizado durante el trabajo de investigación del año 2020 -1 para la estación “El vivero” usados como referencia para la descripción de esta actividad. Así pues, los datos que se describan en la tabla serán la base numérica para la construcción de curvas IDF.

2.2 ESTADO DEL ARTE PRECIPITACIÓN EN BOYACÁ

La segunda actividad se llevó a cabo en el periodo 2020-2, corresponde al análisis de datos de precipitación recolectados durante los últimos cincuenta (50) años por el INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) de las tomas de las diferentes estaciones climatológicas del departamento de Boyacá. Por medio de este informe, se establecen la cantidad y el tipo de estaciones con las que cuenta el departamento, su ubicación y la distribución de las mismas.²

2.2.1 Definición elementos de recolección de datos de precipitación

Según la información recolectada del IDEAM y del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIHR) el departamento de Boyacá cuenta con 3 tipos de estaciones de medición de precipitación tal y como se muestran en el mapa de estaciones climatológicas de la figura 4:

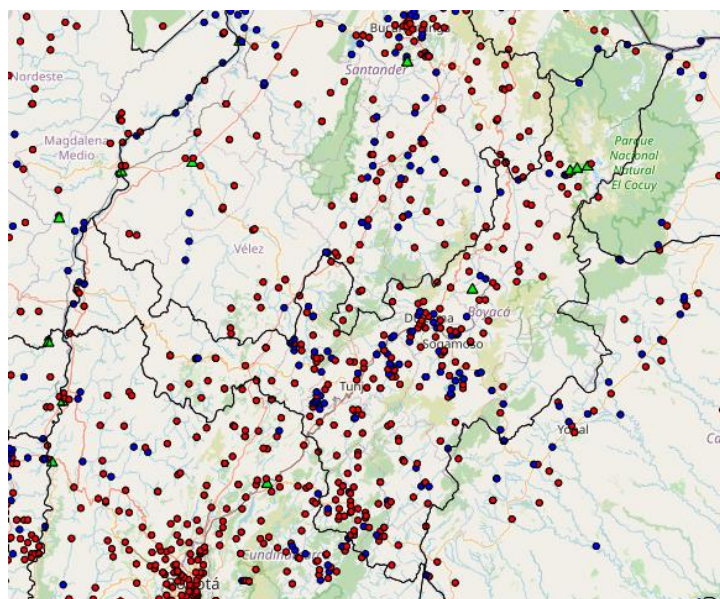


Figura 4 Estaciones climatológicas del departamento de Boyacá

² ACERO, E. BUITRAGO, K. MARTINEZ, R. GONZALEZ, A. (2020, agosto) Estado del arte precipitación en Boyacá.

Fuente: “Elaboración propia”

2.2.2 Definición tipos de estaciones hidrológica

En la investigación inicial realizada para esta actividad y con base en los registros proporcionados por el IDEAM, se determinaron tres tipos de estaciones en el departamento de Boyacá: estaciones hidrológicas, estaciones hidrometeorológicas y estaciones meteorológicas definidas de la siguiente forma:

Estaciones hidrológicas: Una estación hidrométrica o hidrológica es una estación en la cual se obtienen datos, en ríos, lagos y embalses, de uno o varios de los elementos siguientes: niveles, flujo de las corrientes, transporte y depósito de sedimentos y propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Estaciones hidrometeorológicas: Estación prevista para realizar observaciones del tiempo como, precipitaciones, temperatura, humedad, y niveles de cauces.

Estaciones meteorológicas: Se entiende como Estación Meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.³

2.2.3 Análisis de la información obtenida

Por medio de un documento, una petición online e investigación de la página de datos abiertos del IDEAM se solicitó la información correspondiente a las estaciones con registros desde hace cincuenta años (algunas ya inactivas), en total y con la recopilación de toda la información se creó la tabla 3 en la cual se enlistaron 113 estaciones climatológicas del departamento de Boyacá.

³ IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (s. f.). *GLOSARIO IDEAM*. IDEAM. Recuperado 15 de diciembre de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

Tabla 3 Estaciones climatológicas de Boyacá.

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO
AEROPUERTO A LLERAS C [24035340]	Climática principal
AEROPUERTO FURATENA - AUT [23125140]	Climática ordinaria
ALMEIDA [35070260]	Pluviográfica
ALTO MUCENO [35080110]	Pluviométrica
ANDALUCIA	Climática principal
ANTENA TV RUSIA LA [24030840]	Pluviométrica
APOSENTOS [24030570]	Pluviométrica
ARCABUCO [24010630]	Pluviométrica
AZULEJOS LOS [24030820]	Pluviográfica
BELENCITO [24035150]	Climática Principal
BETEITIVA [24035020]	Climática Ordinaria
BOAVITA [24030280]	Pluviométrica
BORBUR 2 [23120250]	Pluviométrica
BUENAVISTA [23125100]	Climática Principal
CACHIPAY [35080140]	Pluviográfica
CAMP BUENAVISTA [35080030]	Pluviométrica
CAMPO REAL [35070500]	Pluviográfica
CAMPOHERMOSO [35085050]	Climática Ordinaria
CAPILLA LA [24030860]	Pluviométrica
CARACOL EL [35070200]	Pluviométrica
CARDON EL [35235010]	Climática ordinaria
CASA AMARILLA [24030800]	Pluviométrica
CASA DE MAQUINAS [35087070]	Limnigráfica
CAZADERO [35090060]	Pluviométrica
CEDROS EL PUENTE	Pluviométrica
CEDROS LOS [35080060]	Pluviométrica
CEREZO EL [24030510]	Pluviométrica
CERINZA [240354200]	Climática ordinaria
CHAPETON EL [24030830]	Pluviométrica
CHINAVITA [35070070]	Pluviométrica
CHISCAS [24035310]	Climática Ordinaria
CHITA , AUT [24035250]	Climática Ordinaria
CHIVOR [35070190]	Pluviográfica
CINTAS LAS [35190010]	Pluviográfica
COCUY EL [24030260]	Pluviométrica
COL DPTAL AGROP [24030500]	Pluviométrica
COLORADOS LOS [35095070]	Meteorológica Especial
COMBITA [24030310]	Pluviométrica
COMODA LA [24010110]	Pluviométrica

COPER [23120210]	Pluviométrica
CORINTO [35195050]	Climática ordinaria
COVARACHIA [24030700]	Pluviométrica
CRECIENTE LA [24031040]	Pluviométrica
CRUCERO EL VILLITA [24030760]	Pluviométrica
CURITAL [24030690]	Pluviométrica
CUSAGUI [24035010]	Climática ordinaria
DUITAMA [24030350]	Pluviográfica
EMPODUITAMA [24030610]	Pluviométrica
EMPORIO EL HACIENDA [24010410]	Pluviométrica
ENCANTO EL [24030450]	Pluviométrica
ESCUELA LOS MOLINOS [35070470]	Pluviométrica
FIRAVITOBA [24030540]	Pluviométrica
GACHANTIVA [24010810]	Pluviométrica
GARAGOA [35070080]	Pluviográfica
GARROCHO EL [24030770]	Pluviométrica
GUAMO DE SISBACA [35090070]	Pluviométrica
GUAYATA LA GRANJA [35070110]	Pluviográfica
GUICAN [24035070]	Climática Ordinaria
HOTEL EL [24030780]	Pluviométrica
INSTITUCION AGRICOLA MACANAL [35075040]	Climática principal
INSTITUCION AGRICOLA SANTA SOFIA [24015090]	Climática ordinaria
IZA [24030230]	Pluviométrica
JENESANO [35070220]	Pluviográfica
JERICO [24030580]	Pluviométrica
JUNTAS LAS [35070090]	Pluviométrica
LA COPA [24035040]	Climática ordinaria
LA SIERRA - AUT [24025030]	Climática principal
MACANAL [35070120]	Pluviométrica
MARTOTA [35070320]	Meteorológica Especial
MINAS LAS [24010800]	Pluviométrica
MIRAVALLS [24010750]	Pluviométrica
MONGUA [24030560]	Pluviométrica
MONGUI [24030190]	Pluviométrica
MONQUIRA [24010710]	Pluviométrica
MORTINO EL [24030660]	Pluviométrica
MUZO [23120050]	Pluviométrica
NAZARETH [35070170]	Pluviométrica
NIMICIA ESCUELA RURAL [24030640]	Pluviométrica
NOBSA [24030790]	Pluviométrica
NUEVO COLON [35075010]	Agrometeorológica

OLARTE EL [35095040]	Climática principal
OTANCHE [23125080]	Climática ordinaria
PACHAVITA [35070210]	Pluviométrica
PAEZ [35080050]	Pluviográfica
PAJARITO [35190050]	Pluviométrica
PALERMO [24010870]	Pluviométrica
PUERTO NIÑO	Pluviométrica
SOMONDOCO	Pluviométrica
SOTAQUIRA	Pluviométrica
SURBATA BONZA	Agrometeorológica
SUSACON	Pluviométrica
SUTATENZA	Climática Principal
TASCO	Pluviométrica
TEATINOS	Pluviográfica
TIBANA	Pluviométrica
TIBASOSA	Pluviométrica
TOQUILLA - AUT	Climática Ordinaria
TRES ESQUINAS	Pluviográfica
EL TRIQUE	Pluviográfica
EL TUNEL	Climática Ordinaria
TUNGUAVITA - AUT	Agrometeorológica
TURMEQUE	Pluviométrica
TUTAZA	Pluviométrica
U P T C	Climática Principal
UMBITA	Pluviométrica
VALLE GRANDE	Pluviográfica
VENTAQUEMADA	Pluviométrica
VILLA CARMEN	Climática Principal
VILLA DE LEIVA - AUT	Climática Principal
VILLA LUISA	Climática Ordinaria
VISTA HERMOSA	Pluviométrica
ZETAQUIRA	Pluviométrica

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Una vez enlistadas las estaciones principales, se procedió a subdividir las mismas de acuerdo con los tipos de estación y su ubicación como se muestra en las tablas 4-10.

Climatológica principal

Tabla 4 Estaciones tipo climatológica principal

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
AEROPUERTO A LLERAS C [24035340]	Climática principal	Sogamoso
ANDALUCIA	Climática principal	Duitama
BELENCITO [24035150]	Climática principal	Nobsa
BUENAVISTA [23125100]	Climática Principal	Buenavista
INSTITUCION AGRICOLA MACANAL [35075040]	Climática principal	Macanal
LA SIERRA - AUT [24025030]	Climática principal	Paipa
OLARTE EL [35095040]	Climática principal	Aquitania
SUTATENZA	Climática Principal	Sutatenza
U P T C	Climática Principal	Tunja
VILLA CARMEN	Climática Principal	Samacá
VILLA DE LEIVA - AUT	Climática Principal	Villa De Leyva

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Pluviográfica

Tabla 5 Estaciones pluviográficas y ubicación

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
ALMEIDA [35070260]	Pluviográfica	Almeida
AZULEJOS LOS [24030820]	Pluviográfica	Tuta
CACHIPAY [35080140]	Pluviográfica	Santa María
CAMPO REAL [35070500]	Pluviográfica	Almeida
CHIVOR [35070190]	Pluviográfica	Chivor
CINTAS LAS [35190010]	Pluviográfica	Sogamoso
GARAGOA [35070080]	Pluviográfica	Garagoa
GUAYATA LA GRANJA [35070110]	Pluviográfica	Guayatá
JENESANO [35070220]	Pluviográfica	Jenesano
PAEZ [35080050]	Pluviográfica	Paez
TEATINOS	Pluviográfica	Samacá

TRES ESQUINAS	Pluviográfica	Santa Sofía
EL TRIQUE	Pluviográfica	Santa Sofía
VALLE GRANDE	Pluviográfica	Tenza

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Pluviométrica

Tabla 6 Estaciones pluviométricas y ubicación

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
ALTO MUCENO [35080110]	Pluviométrica	Macanal
ANTENA TV RUSIA LA [24030840]	Pluviométrica	Duitama
APOSENTO [24030570]	Pluviométrica	Socotá
ARCABUCO [24010630]	Pluviométrica	Arcabuco
BOAVITA [24030280]	Pluviométrica	Boavita
BORBUR 2 [23120250]	Pluviométrica	San Pablo De Borbur
CAMP BUENAVISTA [35080030]	Pluviométrica	Berbeo
CAPILLA LA [24030860]	Pluviométrica	Tutazá
CARACOL EL [35070200]	Pluviométrica	Garagoa
CASA AMARILLA [24030800]	Pluviométrica	Toca
CAZADERO [35090060]	Pluviométrica	Aquitania
CEDROS EL PUENTE	Pluviométrica	Campohermoso
CEDROS LOS [35080060]	Pluviométrica	Campohermoso
CEREZO EL [24030510]	Pluviométrica	Paipa
CHAPETON EL [24030830]	Pluviométrica	San Mateo
CHINAVITA [35070070]	Pluviométrica	Chinavita
COCUY EL [24030260]	Pluviométrica	El Cocuy
COL DPTAL AGROP [24030500]	Pluviométrica	Chivatá
COMBITA [24030310]	Pluviométrica	Cómbita
COMODA LA [24010110]	Pluviométrica	Santana
COPER [23120210]	Pluviométrica	Coper
COVARACHIA [24030700]	Pluviométrica	Covarachía
CRECIENTE LA [24031040]	Pluviométrica	Santa Rosa De Viterbo
CRUCERO EL VILLITA [24030760]	Pluviométrica	Sogamoso
CURITAL [24030690]	Pluviométrica	Socha
EMPODUTAMA [24030610]	Pluviométrica	Duitama
EMPORIO EL HACIENDA [24010410]	Pluviométrica	Villa De Leiva
ENCANTO EL [24030450]	Pluviométrica	Oicatá
ESCUELA LOS MOLINOS [35070470]	Pluviométrica	Almeida

FIRAVITOBA [24030540]	Pluviométrica	Firavitoba
GACHANTIVA [24010810]	Pluviométrica	Gachantivá
GARROCHO EL [24030770]	Pluviométrica	Toca
GUAMO DE SISBACA [35090070]	Pluviométrica	Aquitania
HOTEL EL [24030780]	Pluviométrica	Toca
IZA [24030230]	Pluviométrica	Iza
JERICO [24030580]	Pluviométrica	Jericó
JUNTAS LAS [35070090]	Pluviométrica	Garagoa
MACANAL [35070120]	Pluviométrica	Macanal
MINAS LAS [24010800]	Pluviométrica	Samacá
MIRAVALLS [24010750]	Pluviométrica	Moniquirá
MONGUA [24030560]	Pluviométrica	Mongua
MONGUI [24030190]	Pluviométrica	Monguí
MONIQUIRA [24010710]	Pluviométrica	Moniquirá
MORTINO EL [24030660]	Pluviométrica	El Cocuy
MUZO [23120050]	Pluviométrica	Muzo
NAZARETH [35070170]	Pluviométrica	Santa Maria
NIMICIA ESCUELA RURAL [24030640]	Pluviométrica	Gámeza
NOBSA [24030790]	Pluviométrica	Nobsa
PACHAVITA [35070210]	Pluviométrica	Pachavita
PAJARITO [35190050]	Pluviométrica	Pajarito
PALERMO [24010870]	Pluviométrica	Paipa
PUERTO NIÑO	Pluviométrica	Puerto Boyacá
SOMONDOCO	Pluviométrica	Somondoco
SOTAQUIRA	Pluviométrica	Sotaquirá
SUSACON	Pluviométrica	Susacón
TASCO	Pluviométrica	Tasco
TIBANA	Pluviométrica	Tibaná
TIBASOSA	Pluviométrica	Tibasosa
TURMEQUE	Pluviométrica	Turmequé
TUTAZA	Pluviométrica	Tutazá
UMBITA	Pluviométrica	Úmbita
VENTAQUEMADA	Pluviométrica	Ventaquemada
VISTA HERMOSA	Pluviométrica	Campohermoso
ZETAQUIRA	Pluviométrica	Zetaquirá

Fuene: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Climática ordinaria

Tabla 7 Estaciones Climática ordinaria y ubicación.

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
AEROPUERTO FURATENA - AUT [23125140]	Climática ordinaria	Quípama
BETEITIVA [24035020]	Climática Ordinaria	Beteitiva
CAMPOHERMOSO [35085050]	Climática Ordinaria	Campohermoso
CARDON EL [35235010]	Climática ordinaria	Socotá
CERINZA [240354200]	Climática ordinaria	Cerinza
CHISCAS [24035310]	Climática Ordinaria	Chiscas
CHITA , AUT [24035250]	Climática Ordinaria	Chita
CORINTO [35195050]	Climática ordinaria	Pajarito
CUSAGUI [24035010]	Climática ordinaria	La Uvita
GUICAN [24035070]	Climática ordinaria	Guicán
INSTITUCION AGRICOLA SANTA SOFIA [24015090]	Climática ordinaria	Santa Sofía
LA COPA [24035040]	Climática ordinaria	Toca
OTANCHE [23125080]	Climática ordinaria	Otanche
TOQUILLA - AUT	Climática Ordinaria	Aquitania
EL TUNEL	Climática Ordinaria	Cuítiva
VILLA LUISA	Climática Ordinaria	Ramiriquí

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Estación Limnigráfica

Tabla 8 Estación Limnigráfica y ubicación

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
CASA DE MAQUINAS [35087070]	Limnigráfica	Santa María

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Estación agrometeorológica

Tabla 9 Estaciones agrometeorológicas y ubicación

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
NUEVO COLON [35075010]	Agrometeorológica	Nuevo Colón
SURBATA BONZA	Agrometeorológica	Duitama
TUNGUAVITA - AUT	Agrometeorológica	Paipa

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Estaciones especiales

Tabla 10 Estaciones especiales y ubicación

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO
COLORADOS LOS [35095070]	Meteorológica Especial	Aquitania
MARTOTA [35070320]	Meteorológica especial	Somondoco

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Valores de precipitación

En cuanto a valores de precipitación se encontró que los municipio y estación que, desde 1970 hasta el año en curso, presentó el valor mayor de precipitación fue la estación PAJARITO y el valor de precipitación se consigna en la tabla 11 siendo:

Tabla 11 Valor máximo de precipitación

CodigoEstacion	NombreEstacion	Categoría	Municipio	Frecuencia	Fecha	Valor
35190050	PAJARITO [35190050]	Pluviométrica	Pajarito	Mensual	1/09/1975 0:00	1980.83 333

Fuente: “Integrantes semillero de investigación SHWR”

Según la tabla adjunta, el valor de mayor precipitación desde los registros de 50 años posteriores al año actual fue de 1980.33 mm que se presentó el día 1 del mes de septiembre en el año 1975 para la estación denominada PAJARITO en el municipio de Pajarito Boyacá.

2.3 PREPARACIÓN DE MATERIAL DE APOYO PARA PUBLICACIONES EN TEMÁTICA DE HIDROLOGÍA

En cumplimiento de la actividad asignada, se inicia con la revisión de temario de autoría del Ingeniero Carlos Andrés Caro Camargo dispuesto para la presentación de la clase de hidrología.

De manera aleatoria se asignó un tema para cada uno de los integrantes del semillero, el capítulo asignado fue introducción al curso de hidrología, en el cual se dan las definiciones y las bases del curso y que servirán de guía de estudio para los estudiantes que participen del curso. Una vez asignado el tema, se procedió a realizar la revisión documental del material dividiendo la temática en temas principales, subtemas y conclusiones del mismo. La actividad concluye con la redacción del capítulo número uno, en el que se definen los siguientes términos:

Hidrología: Se define como la ciencia que trata con las aguas de la Tierra, su ocurrencia, circulación, distribución, sus propiedades químicas y físicas y su interacción con el medio ambiente, incluyendo su relación con el hombre. Sin embargo, desde el punto de vista ingenieril, su concepto es mucho más específico, y se define como obtención de flujos o caudales como consecuencia del análisis del ciclo hidrológico en una zona de estudio. (CARO, 2019)

Ventajas y desventajas del agua: El agua como recurso se conoce principalmente como un recurso vital pero también puede ser una amenaza y es una de las mayores amenazas en la naturaleza. En ese sentido, se considera el agua como un recurso o una amenaza, en la figura 5 se destacan las ventajas y desventajas del mismo. (CARO, 2019).

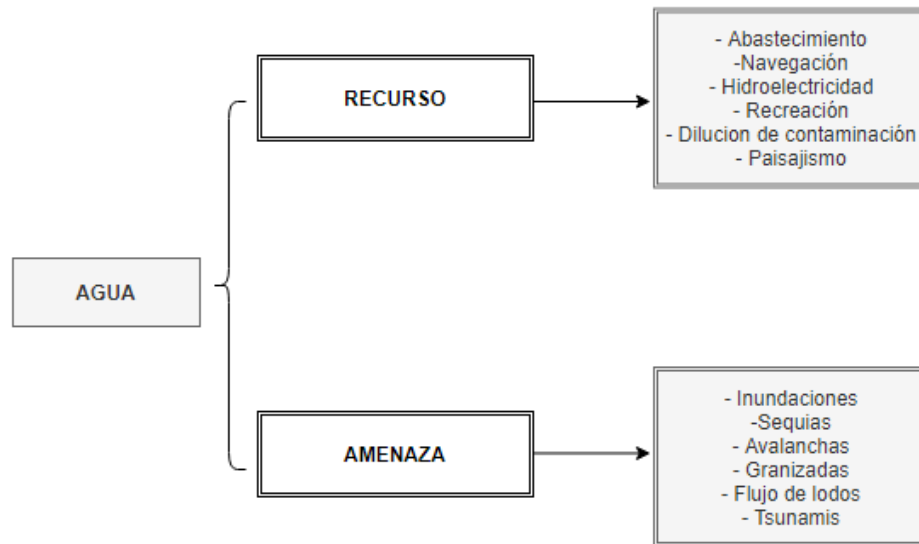


Figura 5 Ventajas y desventajas del agua.
Fuente: “Elaboración propia”

Se define el ciclo hidrológico del agua como el esquema en el cual se relaciona la precipitación, evaporación, aguas subterráneas e infiltración, procesos que se evidencian en la figura 6.

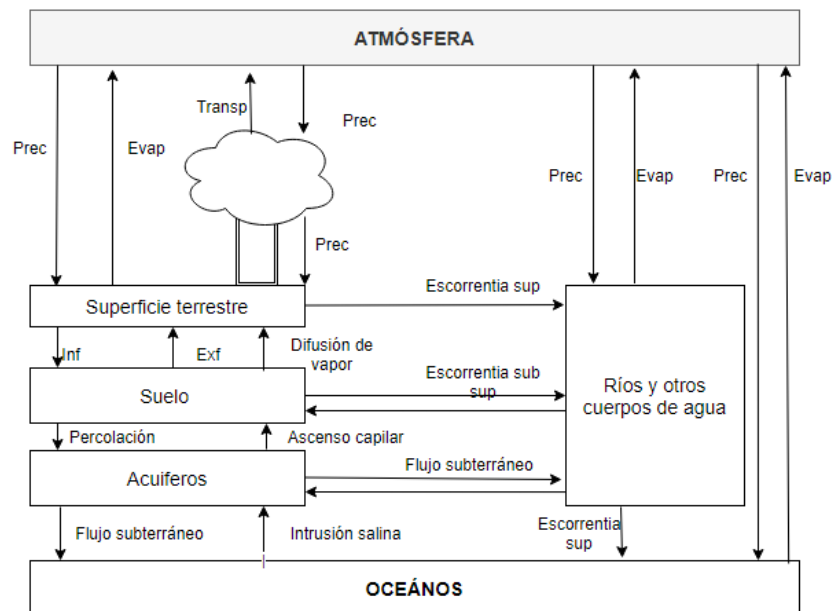


Figura 6 Ciclo hidrológico

Fuente: “Elaboración propia”

2.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO ÍNDICE GWI AL MUNICIPIO DE RONDÓN BOYACÁ

La falta de elementos administrativos de control y seguimiento al manejo y distribución eficaz del recurso hídrico generó la necesidad de implementar el Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua en Cuencas Rurales (PSGA) planteado por medio de la aplicación del índice GWI por el Ingeniero Carlos Andrés Caro Camargo⁴ y tomando como guía el trabajo de grado presentado por el Ingeniero Juan Diego Hernández Torres optando por el título de Magister en Ingeniería civil con énfasis en Hidro ambiental se realizó el proceso experimental para el municipio de Rondón Boyacá siguiendo los lineamientos de las obras anteriormente mencionadas, se destaca la importancia de la implementación de este proyecto a los diferentes municipios del departamento de Boyacá, ya que permite evaluar el grado de cumplimiento y de manejo que se le da al recurso hídrico en cada una de las zonas de estudio.

En primer lugar, se escogió el municipio al cual se le realizaría el estudio que, en aras de una correcta aplicación de la metodología y consecución de la información requerida, debería ser uno cercano a quien realizaría el estudio, esto debido a que los trámites documentales se harían directamente en las oficinas administrativas de la alcaldía municipal.

El municipio escogido para la aplicación de la metodología fue Rondón Boyacá, El municipio de Rondón está ubicado en la cordillera oriental, localizado entre las coordenadas 5° 17' 21" y los 5° 26' 25" de latitud norte y los 73° 07' 16" y 73°17' 29" de longitud al oeste. Rondón se encuentra en la zona central del departamento de Boyacá, ubicado entre las provincias de Márquez y Lengupá. El municipio limita por el norte con los municipios de Pesca y Siachoque, por el sur con Zetaquirá y Ramiriquí, por el oriente con Pesca y Zipaquirá y por el occidente con Ramiriquí, Viracachá y Ciénega. La cabecera municipal se encuentra a 2075 m.s.n.m, se ubica a 61 km de la capital del departamento de Boyacá y a 169 km de la capital

⁴ CARO. Op. Cit. Protocolo para Seguimiento de la Gobernanza del Agua en Cuencas Rurales

del país.¹ El municipio de Rondón tiene una extensión total de 258 km², de los cuales 0,8 km² pertenecen a la zona urbana y 257,2 km² a la zona rural.⁵

Una vez definido el municipio de estudio se redactaron cartas y derechos de petición a la administración municipal de Rondón Boyacá y a la empresa prestadora de servicios públicos UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DE RONDÓN BOYACÁ, que dando cumplimiento al artículo 23 de la Constitución Política de Colombia y las disposiciones del Código de Procedimiento Administrativo y lo Contencioso administrativo valida el derecho a la obtención de la información solicitada correspondiente a: Concesiones de agua dentro de la jurisdicción del municipio, censo de datos de población con servicio de acueducto y alcantarillado, Plan de desarrollo y Plan de gestión y porcentaje de cumplimiento de su obra, número de puntos de agua de cada acueducto, demanda de agua potable real y oferta hídrica, condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua en cada acueducto, población con acceso a agua potable, ubicación y estado de los puntos de medición existentes, diseños de PTAR y PTAP y los programas de disminución de contaminación en las fuentes, Planes de contingencia ante figas en el sistema de suministro de agua, planimetría de ubicación de macro y micromedidores, medidas de contingencia en caso de emergencia en el sistema de abastecimiento, número de fuentes en cada sistema de abastecimiento, diseño de las estructuras de abastecimiento, datos de consumo individuales de los productores de bienes y servicios, planes de uso y ahorro eficiente del agua con su aval por parte de la entidad competente, estudios de biodiversidad realizados en la zona y porcentaje de cumplimiento, plan de compensaciones ambientales, permisos de ocupación de cauces, avance de las compensaciones propuestas por la corporación autónoma regional, planes operativos de las empresas de servicios públicos, porcentaje de usuarios que pagan mensualmente y a tiempo el consumo de agua potable, estudios de inundabilidad así como también el número y descripción de investigaciones de

⁵ Rondón, (2021). Formulación y/o actualización de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos de algunos municipios priorizados de la jurisdicción de Corpoboyacá vinculados al PAP – PDA Boyacá. Municipio de Rondón. Departamento de Boyacá.

cada ente de control (Procuraduría, Contraloría y Fiscalía general de la nación). Adicional a esto, se realizaron visitas presenciales a dichas entidades en aras de agilizar la diligencia, reuniones vía plataformas digitales y llamadas telefónicas que facilitaron la entrega de dicha documentación y a su vez, el desarrollo del proyecto.

El valor numérico determinado para cada indicador se basó en la aplicación de la metodología específica en el cálculo del índice GWI para la gobernanza del agua en cuencas rurales y la tesis de maestría del Ingeniero Juan Diego Hernández, en dichos escritos, se encuentran relacionados los dieciocho indicadores y sus criterios de evaluación que se muestran en la tabla 12 adjunta a continuación.

Tabla 12 Indicadores de evaluación Índice GWI

CODIGO INDICADOR	NOMBRE INDICADOR
MI	Mantenimiento a la infraestructura
EGH	Efectividad en Gestión Hídrica General
VH	Vulnerabilidad Hídrica
RI	Riesgo Hídrico
EH	Estrés Hídrico
HA	Huella de Agua
AUA	Autosuficiencia del agua
UAH	Programas de uso de ahorro eficiente del agua
BD	Biodiversidad
EMA	Eficiencia medioambiental

ETR	Eficiencia de Tratamiento Residual
A	Atractivo
CH	Capital Humano
PP	Participación medida del público
ECC	Eficiencia económica
ACC	Adaptabilidad al cambio climático
CI	Calidad de información y del sistema de gestión del conocimiento
CC	Control de corrupción

Fuente: “Elaboración propia”

Ahora bien, los criterios de evaluación para cada uno de los indicadores mencionados se dividen en criterios generales y criterios específicos se discriminan según el tipo de criterio, siendo la tabla 13 la evaluación por medio de criterios generales y la tabla 14 evaluación por medio de criterios específicos.

Tabla 13 Criterios generales de evaluación

CRITERIO	PONDERACIÓN
0-5	No sostenible
6-8	Medianamente sostenible
9-10	Sostenible

Fuente: Caro, 2017.

Tabla 14 Criterios específicos de evaluación

CRITERIO	EVALUACIÓN
0	No cumple

2	Da inicio de planeación de la actividad
4	Culmina la parte operativa de la planeación
6	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución.
8	Ejecuta la actividad parcialmente
10	Cumple

Fuente: Caro, 2017.

2.4.1 RESULTADOS APLICACIÓN METODOLOGÍA ÍNDICE GWI PARA EL MUNICIPIO DE RONDÓN BOYACÁ

Una vez aplicada la teoría y analizada la información recopilada, se organizan en la tabla 15 los resultados que se obtuvieron para cada indicador.

Tabla 15 Resultados de los indicadores índice GWI

1	MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA	MI
PUNTUACIÓN (1-10)		6
OBSERVACIONES		
- El municipio de Rondón Boyacá no cuenta con una planta de tratamiento suficiente y adecuada debido a las fallas estructurales tales como fisuras y grietas que comprometen la estabilidad y la pureza del agua. - Se realiza una visita de campo en el cual se evidencian fallas en las estructuras que componen la planta de tratamiento de agua potable desde el punto de captación en el cual se presenta rebose continuo de		

agua que representa grandes pérdidas pero que, según el fontanero, se deben mantener de esta forma para que se garantice la presión de conducción, que permite concluir que existe un problema relacionado con la hidráulica de la red de conducción. - Se evidencian fallas a nivel estructural y se concluye que el sistema en general requiere un rediseño y una adecuación de la estructura.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Desarenador de acueducto urbano Rondón Boyacá.  Fuente: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV. Pág. 42.	Fotografía 2. Bocatoma de fondo.  Fuente: Plan de saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV. Pág. 42.
---	--

2	EFFECTIVIDAD EN LA GESTIÓN HÍDRICA GENERAL	EGH
PUNTUACIÓN (1-10)		5.02
OBSERVACIONES		
- El municipio no cuenta con un Plan formal de contingencia ante un evento de fuga o daño a la estructura de abastecimiento, en caso de que se presente una eventualidad como la mencionada anteriormente		

es el fontanero quien asume la responsabilidad de la misma y quien se encarga de evaluar daños y realizar las reparaciones a las que hubiere lugar. - Según los cálculos realizados la demanda de agua es satisfecha por la concesión con media proyección de aumento de usuarios.

3	VULNERABILIDAD HÍDRICA	VH
PUNTUACIÓN (1-10)		3
OBSERVACIONES		
- No se cuenta con un documento oficial en el cual se contemplen los lineamientos para los casos en los cuales se presenten distintas eventualidades, daños o fallas estructurales. Sin embargo, manifiestan realizar revisiones a las estructuras que presentan mayores daños, como lo son principalmente: pozos de inspección y grietas en las estructuras que comprometen el correcto funcionamiento de las mismas. - En caso de eventualidades se cuenta con una tubería derivada del tanque de almacenamiento principal hacia un segundo tanque de reserva que se encuentra semienterrada y encerrada por medio de una cerca de acero, se suple la necesidad y se garantiza el servicio a los usuarios de manera temporal.		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Fotografía 3. Tanque de almacenamiento.		Fotografía 4. Tanque de almacenamiento vista superior.



Fuente: Consorcio de saneamiento.
(2019)



Fuente: Consorcio de saneamiento.
(2019)

4	RIESGO HÍDRICO	RH
PUNTUACIÓN (1-10)		1
OBSERVACIONES - El municipio de Rondón Boyacá cuenta con una fuente de abastecimiento principal denominada Nacimiento Rancho de Tabla mediante una bocatoma de fondo, que está construida en concreto reforzado con las siguientes dimensiones: 3.0 m de largo, 3.0 m de ancho. - El municipio cuenta con cuatro hoyas hidrográficas, que son: La hoya de la quebrada el Rosario, la hoya central del rio Mueche, la hoya de la quebrada azufrada, la hoya de quebrada Honda. Según el Plan de Desarrollo 2020-2023 "POR NUESTRO RONDÓN DEL ALMA" las corrientes del municipio no son suficientes para el consumo humano, es decir, no se cuentan con fuentes de abastecimiento alternas.		

5	ESTRÉS HÍDRICO	EH
PUNTUACIÓN (1-10)		0

OBSERVACIONES

- Cuando la demanda del recurso hídrico afecta la oferta. Se considera que existe estrés hídrico cuando se tienen usos domésticos anuales por persona entre 1000 y 1700 m³.

6	HUELLA DE AGUA	HA
PUNTUACIÓN (1-10)		1
OBSERVACIONES - Actualmente el municipio de Rondón no cuenta con estudio tarifario que establezca el costo por consumo de metro cubico para el servicio de alcantarillado como se establece en la resolución CRA 825 de 2017 y 844 de 2018.		

7	AUTOSUFICIENCIA DEL AGUA	AUA
PUNTUACIÓN (1-10)		10
OBSERVACIONES - La captación del municipio de Rondón se denomina Rancho de Tabla que cuenta con una bocatoma de fondo, este nacimiento se encuentra ubicado en la vereda Junín que pertenece al Municipio. - Las captaciones de agua se realizan en un 100% dentro del territorio municipal, por lo que se considera que el municipio es autosuficiente.		

	PROGRAMAS DE	
--	--------------	--

8	USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA	UAH
PUNTUACIÓN (1-10)		0
OBSERVACIONES - El municipio de Rondón Boyacá no cuenta con un Programa de uso y ahorro eficiente del agua PUEEA, en el Plan de desarrollo territorial, Programa 2 " Por nuestro Rondón del alma con gestión territorial y el medio ambiente sostenible" se plantea como indicador la implementación de un PUEA que contempla 6 durante el cuatrenio.		

9	BIODIVERSIDAD	BD
PUNTUACIÓN (1-10)		0
OBSERVACIONES - El municipio de Rondón Boyacá no cuenta con un estudio de biodiversidad, por lo tanto, el valor del indicador BD es 0.		

10	EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL	EMA
PUNTUACIÓN (1-10)		3
OBSERVACIONES - El municipio de Rondón Boyacá no se cuenta con la documentación oficial sobre reforestaciones y temática ambiental. - La estructura ecológica principal del Municipio de Rondón está constituida principalmente por Páramos que contemplan un área total de 1421.37 Hectáreas, de las cuales 511.57 Ha corresponden a los siguientes páramos Tota, Bijagual y Mamapacha. Por otra parte, la		

cobertura de bosques, constituidos por arbustales, bosques densos y bosques fragmentados son claves de la EEP del municipio donde las áreas según coberturas y usos de la tierra son 26.70 Ha para Arbustal, 3437.75 Ha para Bosque Denso y 1646.16 Ha están ocupadas por bosques fragmentados.

11	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO RESIDUAL	ETR
PUNTUACIÓN (1-10)		3
OBSERVACIONES		
- Según PSMV del municipio, Rondón no cuenta con planta de tratamiento de agua residual. - El municipio tiene identificados los vertimientos de aguas servidas. Son cuatro vertimientos a los cuales se les ha realizado un estudio de sus características físico-químicas y microbiológicas, así mismo, se registraron los caudales para cada vertimiento. De igual manera realizaron un monitoreo a la fuente receptora. - El municipio tiene proyectado unificar los vertimientos, tiene identificado los posibles predios para construcción de la PTAR.		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Fotografía 5. Vertimiento uno.		Fotografía 6. Vertimiento dos.



Fuente: Consorcio de saneamiento.
(2019)



Fuente: Consorcio de saneamiento.
(2019)

12	ATRACTIVO	A
PUNTUACIÓN (1-10)		0
OBSERVACIONES		
- Según el plan de gobierno 2020-2023 del municipio, Rondon cuenta con un turismo de paso y continua su recorrido a otros sectores del departamento se cuenta con un turismo religioso dado que tienen una de las iglesias más altas de Colombia. - A pesar que el municipio de Rondon cuenta con nacimientos de agua, paramos, reservas forestales, el municipio no desarrolla actividades de ecoturismo que estén directamente relacionadas con fuentes hídricas. - El municipio tiene proyectado fortalecer los destinos turísticos en cuanto a: planificación turística, calidad turística, seguridad turística, formación y sensibilidad turística.		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Fotografía 7. Cascada las canoas		Fotografía 6. Quebrada Tequendama.



Fuente: Integrantes SHWR (2021)



Fuente: Integrantes SHWR (2021)

13	CAPITAL HUMANO	CH
PUNTUACIÓN (1-10)		4
OBSERVACIONES		
- Los servicios públicos son prestados por una unidad de servicios públicos la cual está conformada por director administrativo, un auxiliar administrativo y dos fontaneros. La unidad tiene como objetivo asegurar la prestación de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.		

14	PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PÚBLICO	PP
PUNTUACIÓN (1-10)		1
OBSERVACIONES		
- La unidad de servicios públicos de municipio de Rondón ha realizado		

una asamblea en lo transcurrido del presente año según el director de servicios públicos, sin embargo, no se realizó registro de la asistencia.

15	EFICIENCIA ECONÓMICA	EEC
PUNTUACIÓN (1-10)		0
OBSERVACIONES		
- La unidad de servicios públicos de Rondon no maneja estadísticas de la cantidad de usuarios que pagan puntualmente la factura, cabe resaltar que hasta el mes de Julio se manejaba una tarifa independientemente del consumo.		

16	ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	ACC
PUNTUACIÓN (1-10)		1
OBSERVACIONES		
- Según el plan de desarrollo 2020-2023 el municipio de Rondón tiene una gran amenaza de eventos de desastres, encabeza por posibles inundaciones y seguida por movimientos de masa. El municipio no cuenta con un estudio detallado de inundabilidad, dado que el EOT es del año 2000 pero aún se encuentra en vigencia.		

17	CALIDAD DE INFORMACIÓN	ACC
PUNTUACIÓN (1-10)		3
OBSERVACIONES		
- El sistema de información cuenta con información planimétrica en medios digitales y editables, por esta razón se da un valor de 3.		

18	CONTROL DE CORRUPCIÓN	CC
PUNTUACIÓN (1-10)		10
OBSERVACIONES		
- Actualmente el municipio no presenta ninguna investigación relacionada con la administración de los recursos hídricos.		

Fuente: “Elaboración propia”

2.4.2 CONCLUSIONES FINALES

Tabla 16 Resultado índice GWI

CÁLCULO DEL ÍNDICE GWI	
GWI RONDON	2.84

Fuente: “Elaboración propia”

Teniendo en cuenta la información recopilada, analizada y expuesta en el presente documento y basándonos en la teoría para el correcto cálculo del Índice GWI según la metodología del Ingeniero Carlos Caro Ph. D, y el valor obtenido en la tabla 16, se puede concluir que el municipio de Rondón Boyacá es NO SOSTENIBLE.

2.5 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE ESTRUCTURAS TIPO BOX CULVERTS EN BOYACÁ

Con el paso del tiempo los box-culvert han ido evolucionando desde ser una estructura utilizada como alcantarilla, hasta llegar a ser una estructura de múltiples usos tales como: paso de agua, como túnel, para contención de taludes e inclusive como un puente. Por lo general, son construidos con el fin de minimizar los procesos de erosión natural o para la protección de algunas estructuras ya existentes.⁶ Dada su importancia, se hace necesario realizar una caracterización de los mismos, con el fin de determinar su funcionamiento, realizar una inspección visual de su situación física y tomar un registro fotográfico que respalde la información que se consignó en un documento.

En total, se realizó la visita a veinte box-culvert, tomando cinco fotografías diversificando en panorámicas, de detalle, con y sin lluvia. Una vez en el sitio y con ayuda de la herramienta digital Google maps, se tomaron las coordenadas de ubicación de la estructura, un registro fotográfico y notas sobre lo observado en campo. Es importante destacar, que el total de fotografías no se adjuntan al presente informe, sin embargo, a continuación, en la tabla 17 se destacan algunos de los sitios visitados para evidenciar la información que se consignó en el documento final.

⁶ MARTÍNEZ, B.L. (2015). DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN BOX-CULVERT PARA INTERVENIR UN TRAMO DE LA QUEBRADA LA DULCERA. [DIPLOMADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y TÚNELES PEREIRA-RISARALDA (COLOMBIA)]. Repositorio académico Universidad Libre de Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17127/DISE%C3%91O%20Y%20C%C3%81LCULO%20ESTRUCTURAL.pdf?sequence=1#:~:text=Los%20box%20Culvert%20generalmente%20se,algunas%20estructuras%20o%20construcciones%20existentes.>

Tabla 17 Informe caracterización hidrológica Box-Culvert

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA BOXCULVERTS BOYACÁ (Vista frontal)	
 Ubicación: ubicado entre la calle 5ª, hacia la ruta Tunja- Soracá. Coordenadas: 5°30'08.6"N 73°22'04.6"W Estado: Funcional con alta presencia de sedimentos y material orgánico, empozamiento de agua y proliferación de vegetación en la zona alta de la estructura.	 Ubicación: ubicado entre la calle 5ª y la vía Villapinzon- Tunja. Coordenadas: 5°30'07.3"N 73°22'07.3"W Estado: Funcional con baja presencia de sedimentos y presencia mínima de material orgánico y/o vegetación.
 Ubicación: ubicado en la vía Tunja-Bogotá sector Puente de Boyacá.	 Ubicación: ubicado en la variante 55B a las afueras de la ciudad de Tunja Boyacá.

Coordenadas: 5°27'04.9"N 73°25'42.7"W Estado: Funcional con alta presencia de sedimentos y rocas, residuos sólidos que bloquean el curso del agua, alta presencia de vegetación alrededor de la estructura.	Coordenadas: 5°32'33.8"N 73°20'09.2"W Estado: Funcional, presenta empozamiento de gran cantidad de agua, material orgánico presente.
 Ubicación: ubicado en la variante 55B a las afueras de la ciudad de Tunja Boyacá. Coordenadas: 5°32'47.4"N 73°20'06.9"W Estado: Funcional, presenta empozamiento de agua, material orgánico presente.	 Ubicación: ubicado en la variante 55B a las afueras de la ciudad de Tunja Boyacá Coordenadas: 5°30'57.8"N 73°21'10.9"W Estado: funcional, presenta empozamiento de agua, material orgánico presente.
 Ubicación: ubicado en el Cra 4C # 4D-33 barrio doña Eva de la ciudad de Tunja Boyacá. Coordenadas: 5°31'01.1"N	 Ubicación: ubicado en el Municipio de Rondón Boyacá, a 2kms al páramo del vijagual vía Rondón – Tunja.

73°21'41.7"W	Estado: Funcional presenta empozamiento de agua, material orgánico.
Estado: Funcional (terminación de obras), presenta empozamiento de agua, material orgánico.	

Según la visita de campo realizada para la caracterización de las estructuras, se evidencia que en la mayoría de las obras tipo Boxculvert visitadas hay presencia de material orgánico, sedimentos y rocas. Esto se atribuye principalmente a las pendientes bajas de la estructura que no permiten una velocidad mínima a las corrientes de agua para el arrastre de sedimentos, lo que a su vez genera empozamientos que darán lugar a proliferación de material orgánico, como se aprecia en las imágenes.

2.6 INVESTIGACIÓN Y ELABORACIÓN DE PRESENTACIÓN FORMATO POWER POINT (.pptx) DE METODOLOGÍA PASO A PASO DEL MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL TRÁNSITO DE CRECIENTES

Por último, se desarrolló una actividad de investigación académica sobre el método de Muskingum para el tránsito de crecientes, un tema denso y que requiere de una amplia búsqueda, esto se realiza para fines de consulta académica de futuros compañeros. Así pues, el tránsito de crecientes se define como la muestra gráfica del hidrograma de una creciente, la cual representa la variación de caudales con respecto al tiempo dentro de una cuenca hidrográfica y se desarrolla tomando como base la ecuación de continuidad que establece que el caudal de entrada debe ser igual que el caudal de salida.⁷ En este sentido y una vez definido el primer componente de la investigación se llevó a cabo la descripción del método de Muskingum para el tránsito de crecientes empezando con la definición del mismo, este método fue desarrollado por G. T. McCarthy en 1934, es un método basado en el efecto de laminación por almacenamiento y parte de la siguiente ecuación básica de continuidad:

$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} [1]$$

Siendo:

Q_{in} el valor del caudal entrante en la sección en un tiempo t .

Q_{out} valor del caudal saliente en la sección en un tiempo t

ΔVol Incremento del volumen

Δt Intervalo de tiempo.

⁷ GARCIA, J., & RODRIGUEZ, M. (2016). MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO DE CRECIENTES EN EL RÍO ATRATO ENTRE LAS ESTACIONES "EL SIETE Y GINDRAMA" EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ. UNIVERSIDAD DISTRITAL REPOSITORIO. Recuperado 12 de diciembre de 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3200/M%C3%89TODO%20DE%20MUSKINGUM%20PARA%20EL%20ESTUDIO%20DE%20TR%C3%81NSITO%20DE%20CRECIENTES%20EN%20EL%20R%C3%8D%20ATRATO%20ENTRE%20LAS%20ESTACIONES%20E2%80%9CEL%20SIETE%20Y%20GINDRAMA%20E2%80%9D%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CHOCO.pdf?sequence=1&isAllowed>

2.6.1 Proceso de cálculo del método de Muskingum

Obtención de los valores de K y X mediante bibliografía especializada o datos previos de tormentas, lo que se puede encontrar en las bases de datos meteorológicas gubernamentales o en estudios hidrológicos de la zona.

2.6.1.2 Cálculo de los factores C_0 , C_1 y C_2 . Conocido el valor $Q_{out,1}$ calculamos el valor $Q_{out,2}$ mediante la ecuación:

$$Q_{out,2} = C_0 * Q_{in,2} + C_1 * Q_{in,1} + C_2$$

Se aplica el método sucesivamente para obtener todos los caudales de salida a partir de los caudales de entrada. Conocido $Q_{out,n}$ calculamos el valor $Q_{out,n+1}$:

$$Q_{out,n+1} = C_0 * Q_{in,n+1} + C_1 * Q_{in,n} + C_2$$

Donde,

C_0 , C_1 y C_2 Coeficientes de Muskingum

K y X Constantes de flujo

Q_{in} Caudal de entrada

Q_{out} Caudal de salida

CONCLUSIONES

El semillero de investigación SHWR a cargo del Ingeniero Carlos Andrés Caro Camargo me permitió generar conciencia sobre la importancia de la hidrología en la Ingeniería civil y el desarrollo de cualquier tipo de obra civil, además de que, gracias a cada una de las actividades planteadas por el director, se fortalecieron las competencias investigativas, de redacción de informes, trabajo en equipo y responsabilidad.

Las actividades llevadas a cabo durante la participación del semillero de investigación representan un aporte significativo a la caracterización hidrológica del departamento de Boyacá, por ejemplo, el proyecto de análisis de tormentas realizado en las estaciones climatológicas en un periodo de cincuenta años permitió discretizar el comportamiento de las tormentas, la cantidad de agua captada y las intensidades de las mismas, información que es fundamental para el diseño de estructuras.

El informe de situación actual de estructuras tipo box-culvert desarrollado en conjunto, permite seleccionar las obras en mal estado, las obras funcionales y las obsoletas y a su vez resalta las falencias en la infraestructura de captación, drenaje, suministro de agua, entre otras, con las que cuenta el departamento.

REFERENCIAS

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (s. f.). *GLOSARIO IDEAM*. IDEAM. Recuperado 15 de diciembre de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

Rondón, (2021). Formulación y/o actualización de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos de algunos municipios priorizados de la jurisdicción de Corpoboyacá vinculados al PAP – PDA Boyacá. Municipio de Rondón. Departamento de Boyacá.

MARTÍNEZ, B.L. (2015). DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN BOX-CULVERT PARA INTERVENIR UN TRAMO DE LA QUEBRADA LA DULCERA. [DIPLOMADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y TÚNELES PEREIRA-RISARALDA (COLOMBIA)]. Repositorio académico Universidad Libre de Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17127/DISE%C3%91O%20Y%20C%C3%81LCULO%20ESTRUCTURAL.pdf?sequence=1#:~:text=Los%20box%20Culvert%20generalmente%20se,algunas%20estructuras%20o%20construcciones%20existentes>

GARCIA, J., & RODRIGUEZ, M. (2016). *MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO DE CRECIENTES EN EL RÍO ATRATO ENTRE LAS ESTACIONES “EL SIETE Y GINDRAMA” EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ*. UNIVERSIDAD DISTRITAL REPOSITORIO. Recuperado 12 de diciembre de 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3200/M%C3%89TODODE%20MUSKINGUM%20PARA%20EL%20ESTUDIO%20DE%20TR%C3%81NSITO%20DE%20CRECIENTES%20EN%20EL%20R%C3%8DO%20ATRATO%20ENTRE%20LAS%20ESTACIONES%20%E2%80%9C>

[EL%20SIETE%20Y%20GINDRAMA%E2%80%9D%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CHOCO.pdf?sequence=1&isAllowed](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3200/M%C3%89TOD%20DE%20MUSKINGUM%20PARA%20EL%20ESTUDIO%20DE%20TR%C3%81NSITO%20DE%20CRECIENTES%20EN%20EL%20R%C3%8DO%20ATRATO%20ENTRE%20LAS%20ESTACIONES%20%E2%80%9C%20EL%20SIETE%20Y%20GINDRAMA%E2%80%9D%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CHOCO.pdf?sequence=1&isAllowed)

GARCIA, J., & RODRIGUZ, M. (2016). *MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO DE CRECIENTES EN EL RÍO ATRATO ENTRE LAS ESTACIONES “EL SIETE Y GINDRAMA” EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ*. UNIVERSIDAD DISTRITAL REPOSITORIO. Recuperado 12 de diciembre de 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3200/M%C3%89TOD%20DE%20MUSKINGUM%20PARA%20EL%20ESTUDIO%20DE%20TR%C3%81NSITO%20DE%20CRECIENTES%20EN%20EL%20R%C3%8DO%20ATRATO%20ENTRE%20LAS%20ESTACIONES%20%E2%80%9C%20EL%20SIETE%20Y%20GINDRAMA%E2%80%9D%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CHOCO.pdf?sequence=1&isAllowed>

¿EN QUÉ CONSISTE EL MÉTODO DE MUSKINGUM PARA EL CÁLCULO DE LA TRANSMISIÓN DE UN HIDROGRAMA DE AVENIDA? (s. f.). EIMA ESCUELA DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE. Recuperado 12 de diciembre de 2021, de <http://eimaformacion.com/en-que-consiste-el-metodo-de-muskingum-para-el-calculo-de-la-transmision-de-un-hidrograma-de-avenida/>