

INFORME DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN SEMILLERO MSMRHA

TANIA YULIETH MATEUS MATEUS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2021

INFORME DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN SEMILLERO MSMRHA

TANIA YULIETH MATEUS MATEUS

Informe

Director:

Melquisedec Cortés Zambrano

INGENIERO CIVIL, MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL CON ÉNFASIS EN
RECURSOS HÍDRICOS E HIDROINFORMÁTICA, DOCTOR EN INGENIERÍA Y
CIENCIAS DE LOS MATERIALES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA

2021

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado 1

Firma del jurado

Tunja_____ de 2021

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi madre, ya que sin ella no lo hubiese logrado. Gracias por todo el esfuerzo que haces por sacarme adelante, por guiarme, por tu paciencia y generosidad. Te amo mucho, gracias por ser mi motivación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi madre por su gran esfuerzo para sacarme adelante, por creer en mis sueños y apoyarme en cada paso que tomo. También agradezco a mis hermanos por su compañía y sus enseñanzas. Este es el primero de grandes logros que viene en un futuro y no es solo mío sino de toda mi familia. Agradezco mucho a mi tutor por su acompañamiento a largo de este proceso, a mis amigos por darme fortaleza y a la universidad en general.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDADES REALIZADAS.....	14
2.1 CALIDAD DEL AGUA	14
2.1.1 Identificación de los pozos de inspección	14
2.1.2 Señalización de pozos de inspección	16
2.1.3 Toma de muestras de agua residual	17
2.1.4 Medición de parámetros.....	17
2.1.5 Envase de la muestra extraída.....	18
2.2 CATASTRO DE REDES PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO	20
2.3 DEGRADACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE CONCRETO EN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	
21	
2.3.1 Recolección y análisis de la información.	22
2.3.2 Retiro de los cilindros.....	23
2.3.3 Análisis de los resultados	24
2.3.4 Elaboración de artículo de revisión.....	27
2.4 MANUAL DE LABORATORIOS DE HIDRÁULICA	28
2.4.1 Demostración del teorema de Bernoulli	30
2.4.2 Pérdida por accesorios.	30
2.4.3 Pérdidas de carga por longitud.....	31
2.4.4 Canal de Venturi para tipos de flujo	32
2.4.5 Tubo de Pitot en el canal hidráulico	32
2.4.6 Compuerta plana deslizante (descarga libre)	33
2.4.7 Compuerta plana deslizante (descarga remanso)	34
2.4.8 Compuerta de segmento (descarga libre).....	34
2.4.9 Compuerta de segmento (descarga remanso)	35

2.4.10	Vertedero de cresta ancha (caída libre, chorro sumergible y napa).....	36
2.4.11	Vertedero de cresta ancha (Caudal)	36
2.4.12	Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (influencia de la aireación en la forma de la napa y los coeficientes de una presa).....	37
2.4.13	Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (determinación experimental de una napa libre)	38
2.4.14	Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (caudal y altura).....	38
2.4.15	Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (tipos de flujo y transición de flujo).....	39
2.4.16	Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (resalto hidráulico)	40
2.4.17	Vertedero de sifón	40
2.4.18	Elementos de la disipación de energía.....	41
2.4.19	Box culvert (descarga libre)	41
2.4.20	Box culvert (descarga de remanso).....	42
CONCLUSIONES		43
REFERENCIAS		44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Nomenclatura de cilindros primera etapa.	21
Tabla 2	Nomenclatura de los cilindros segunda etapa (adición de zeolitas en los diferentes tipos de mezcla)	22
Tabla 3	Retiro de cilindros y toma de datos.	23
Tabla 4	Estructura cristalina y DRX para la muestra EI.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pozos en estudio de la red de alcantarillado combinado de la zona norte de la ciudad de Tunja.....	14
Figura 2	Señalización de pozos de inspección.....	16
Figura 3	Montaje radar Flodar	21
Figura 4	Mezcla EI al 1% H_2SO_4 durante 15 días.....	26
Figura 5	Pérdida de masa EI al 10% H_2SO_4 durante 60 días	27

RESUMEN

El presente documento contiene la descripción y registro fotográfico de las actividades realizadas a lo largo del semillero de investigación manejo sostenible de materiales y recursos hidroambientales (MSMRHA) durante el periodo 2018 -2 al 2020-2. En dicho semillero se han desarrollado actividades investigativas en cuanto a redes de alcantarillado, acompañamiento en el proceso de instalación de equipos para la instrumentación del distrito Santa Inés del sector nor-oriental de la ciudad de Tunja. Se generaron aportes en cuanto al proyecto investigación denominado cinética de la degradación de tuberías de concreto en los sistemas de alcantarillado. Por último, se construyó un manual de laboratorios de hidráulica, con el paso a paso para el desarrollo de cada práctica.

ABSTRACT

This document contains the description and photographic record of the activities carried out throughout the research academic work of sustainable management of materials and hydroenvironmental resources (MSMRHA) during the period 2018-2 to 2020-2. In this academic work, investigative activities have been carried out regarding sewerage networks, accompaniment in the process of installing equipment for the instrumentation of the Santa Inés district of the north-eastern sector of the city of Tunja. Contributions were generated regarding the research project called degradation kinetics of concrete pipes in sewage systems. By last. A manual of hydraulics laboratories was built, with the step by step for the development of each practice.

INTRODUCCIÓN

La participación en el semillero de investigación MSMRHA, contribuye a desarrollar habilidades investigativas y de liderazgo a lo largo de cada una de las actividades desarrolladas durante el proceso. Estas actividades sirvieron como aporte a proyectos de gran impacto que desarrolla el semillero, proyectos como: la calidad del agua en el sector nor-oriental de la ciudad de Tunja; catastro de redes para la elaboración del modelo hidrodinámico; cinética de la degradación de tuberías de concreto en los sistemas de alcantarillado, en este último proyecto se logró construir un artículo de revisión con base en los aportes generados. Para finalizar, se elaboró un manual de laboratorios de hidráulica, el cual contiene 20 prácticas con la metodología que deben seguir los estudiantes para el desarrollo de cada una de las mismas. A continuación, se relacionan y describen las actividades realizadas por medio de registros fotográficos tomados durante el desarrollo de cada actividad, esto con el fin de dar un soporte de lo realizado en el semillero.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Mostrar las actividades desarrolladas a lo largo del semillero de investigación MSMRHA. Con el fin de dar a conocer los proyectos que se han trabajado dentro del semillero y los aportes realizados como integrante del mismo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un registro fotográfico de las actividades realizadas.
- Organizar los aportes generados durante el semillero para su posterior descripción.
- Dar a conocer la importancia del semillero como fuente de investigación en la universidad Santo Tomás.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1 CALIDAD DEL AGUA

Esta actividad se realizó en el año 2018, en la cual la ingeniera civil Mónica Lara era la líder de la investigación en desarrollo. El aporte generado en este proyecto, consistió en lo siguiente:

2.1.1 Identificación de los pozos de inspección

En primer lugar, se escogieron 3 pozos de inspección de la red de alcantarillado combinado de la zona norte de la ciudad de Tunja, ubicados sobre la calle 41 del barrio Santa Inés, vía Unicentro como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Pozos en estudio de la red de alcantarillado combinado de la zona norte de la ciudad de Tunja.



Fuente: Google Earth.

El primer pozo de inspección se denomina PATP 3955, el cual limita hacia el sur con el centro comercial Unicentro Tunja y hacia el noreste con la carrera 1g. Como se observa en la fotografía 1.

Fotografía.1. PATP 3955.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

El segundo pozo de inspección se denomina PATP 3910, este pozo limita hacia el noroeste con el colegio Psicopedagógico María Madre y hacia el norte con residencias de este barrio como se muestra en la fotografía 2.

Fotografía.2. PATP 3910.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

El último pozo de inspección se denomina PATP 4091, el cual limita hacia el noroeste con un centro médico de veterinaria y con el río la vega, y hacia el sureste limita con el restaurante Casa Wok como se muestra en la fotografía 3.

Fotografía.3. PATP 4091.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.1.2 Señalización de pozos de inspección

Antes de proceder a quitar las tapas de los pozos de inspección anteriormente descritos, se señalizaron cada uno de estos por parte de los estudiantes del semillero como se muestra en la figura 2, con el fin de evitar posibles accidentes debido al flujo continuo de transeúntes.

Figura 2 Señalización de pozos de inspección.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.1.3 Toma de muestras de agua residual

En dichos pozos se recolectaron muestras compuestas de agua residual doméstica que circula por estos. Se realizaron 24 tomas de muestras en un intervalo de tiempo de 1 hora. El muestreo comenzó a las 11:00 a.m. del día 12 de julio y terminó el día 13 de julio a las 11:00 a.m. del año 2018. Para la toma de muestras de cada uno de los pozos se utilizó un vaso precipitado, al cual se conectó una “manija” hecha con alambre galvanizado calibre 12 y un tubo de sección rectangular de aluminio, con el fin de facilitar la extracción, debido a que los pozos tienen una profundidad de entre 1.20 m y 1.60 m. Se utilizaron además los debidos elementos de protección personal como mascarilla y guantes de nitrilo, para evitar posibles complicaciones de salud por el contacto con el agua residual, como se muestra en la fotografía 4.

Fotografía.4. Toma de muestra de agua residual.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.1.4 Medición de parámetros

Con la ayuda del medidor multiparámetro, luego de haber extraído la muestra de agua residual del pozo de inspección, se toman los siguientes datos: pH, temperatura (en grados centígrados) y oxígeno disuelto (OD), como se muestra en la fotografía 5. Estos datos fueron registrados en una libreta de campo. Antes de finalizar el proceso se procede a lavar la sonda del medidor usando agua destilada, esto con el fin de evitar alteraciones en las siguientes mediciones.

Fotografía.5. Medición de parámetros.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.1.5 Envase de la muestra extraída

De cada una de las muestras extraídas cada hora, aproximadamente una cuarta parte de ellas se envasaba en una botella de plástico como se muestra en la fotografía 6, esta cantidad era proporcional al tamaño de cada botella, teniendo en cuenta que cada recipiente debía contener una parte de cada una de las 24 recolecciones formando así la muestra compuesta, para luego ser analizada en laboratorio.

Fotografía.6. Envase de la muestra extraída.



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.2 CATASTRO DE REDES PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO

En este proyecto se realizó un análisis del estado, verificación de diámetros, materiales y sentido de flujo de las redes de alcantarillado combinado, partiendo del catastro suministrado por veolia de varios pozos de inspección del barrio Santa Inés de Tunja. Dicha verificación se realizó con el acompañamiento de delegados de la empresa de veolia quienes guiaron toda la actividad.

El aporte generado en este proyecto consistió en el acompañamiento en el proceso de instalación del caudalímetro tipo radar en el sector nor-oriental de la ciudad de Tunja. En primer lugar, se procedió a identificar el punto de instalación del equipo, donde se tuvieron en cuenta tres puntos de los cuales se tomó el que está ubicado en la calle 41 con carrera 5 del barrio Santa Inés, como se observa en la fotografía 7.

Fotografía.7. Identificación del punto de instalación.



Fuente: Google Earth.

Luego de esto se procedió a retirar la tapa del pozo de inspección y a realizar el montaje del caudalímetro tipo radar por parte del personal de Veolia aguas de Tunja como se observa en la figura 3. Esta actividad se demoró alrededor de 2 horas, y durante todo el proceso se contó con el acompañamiento del director del semillero el ingeniero Melquisedec Cortes Zambrano, con los servidores públicos de Veolia y con los integrantes del semillero.

Figura 3 Montaje radar Flodar



Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.3 DEGRADACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE CONCRETO EN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Este proyecto es de gran impacto puesto que busca darle solución al ataque por ácido sulfúrico biogénico en los sistemas de alcantarillado, ya que este degrada las estructuras de concreto, afectando así su vida útil y funcionamiento. El ataque disminuye la resistencia del material y produce grandes pérdidas de masa.

Antes de entrar a describir los aportes realizados en esta investigación, vale la pena aclarar en qué consistía el proyecto. Con la ayuda de la empresa Titan manufacturas de cemento S.A., la cual fabricó varios tipos de cilindros en dos etapas las cuales se especifican en la tabla 1 y 2, para luego ser expuestos a soluciones de 10%, 5% y 1% de ácido sulfúrico en distintos intervalos de tiempo de 15, 30 y 60 días en condiciones controladas de laboratorio.

Tabla 1 Nomenclatura de cilindros primera etapa.

I	Mezcla estándar para tubos
MI	Mezcla para ambientes marinos
EI	Mezcla estándar con fibras metálicas de refuerzo
•	Mezcla estándar con grafil de refuerzo

Fuente: “Elaboración propia”.

Tabla 2 Nomenclatura de los cilindros segunda etapa (adición de zeolitas en los diferentes tipos de mezcla)

PMI	Espécimen patrón sin sumergir con mezcla para ambientes marinos
PI	Espécimen patrón sin sumergir con mezcla estándar para tubos
MIZEO5A	Mezcla para ambientes marinos con adición de zeolita 5A
IZEO5A	Mezcla estándar para tubos con adición de zeolita 5A

Fuente: “Elaboración propia”.

Lo que se buscaba con la elaboración de estos cilindros y su exposición ante el ácido sulfúrico, era la simulación de como el ácido sulfúrico producido en los sistemas de alcantarillado altera su estructura y así poder entender el fenómeno de la corrosión. De igual forma a los cilindros que se le aplicó zeolita, se buscaba comprobar si en realidad está sirviendo como un agente para minimizar el impacto de la degradación por el ácido.

En primer lugar, el aporte realizado a esta investigación se dividió en 4 actividades las cuales se describen a continuación:

2.3.1 Recolección y análisis de la información.

En esta actividad se buscó en las diferentes bases de datos de la universidad Santo Tomás artículos científicos de investigación con relación al tema y así seleccionar los datos útiles encontrados en la bibliografía consultada, con el fin de obtener datos concretos sobre los tipos de zeolitas utilizadas, materiales, métodos y alcances para darle solución a la problemática. Con base en la información encontrada se construyó un marco teórico que permitiera conocer las generalidades de la zeolita; como tipos, características, propiedades y composición química, de igual forma, se construyó el estado del arte en cuanto a la implementación de la zeolita sintética en el concreto o pasta de cemento.

Como resultado de esta investigación, se obtuvo que la presencia de zeolita influye de manera positiva en las pastas de cemento, pues ayuda a unir las microgrietas reduciendo el tamaño de poro y la formación de corrosión, ya que impide el crecimiento de la bacteria corrosiva *A. thiooxidans*., al igual, estos aluminosilicatos

son estables ante ambientes con ácidos fuertes¹. También aumenta la resistencia de la pasta y mejora las propiedades mecánicas del cemento.²

2.3.2 Retiro de los cilindros

Se procedió al retiro de los cilindros del ácido sulfúrico, luego se llevó acabo el respectivo lavado, toma de dimensiones y peso, de lo cual se dispuso a tomar 5 pesos, 5 alturas y 5 diámetros de cada cilindro, con el fin de saber que tanta masa perdieron después de exponerlos a diferentes porcentajes de ácidos. Finalmente se llevaron a una zona de almacenamiento como se muestra en la tabla 11.

Tabla 3 Retiro de cilindros y toma de datos.

	
1. Retiro de cilindros	2. Lavado
	
3. Toma de datos	4. Muestras marcadas

¹ TESFAALEM, Haile. Evaluación de la resistencia de los morteros recubiertos con zeolita con plata a la corrosión inducida por bacterias. *Ciencia de la corrosión*. 2008, Vol. 50, nro 3, pp 713-720.

² BALDINO, Noemi; ZINNO., Raffaele y DOMENICO, Gabriele. Comportamiento reológico de las pastas de cemento fresco: influencia de zeolitas sintéticas piedra caliza y humo de sílice. *Investigación de cemento y concreto*. 2014, Vol. 63, pp. 38-45.



5. Almacenamiento

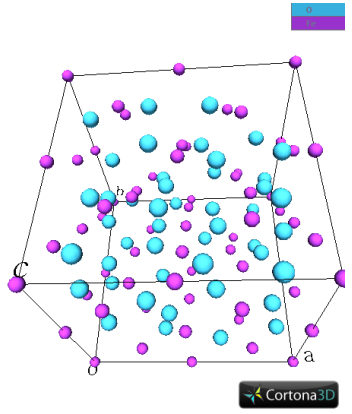
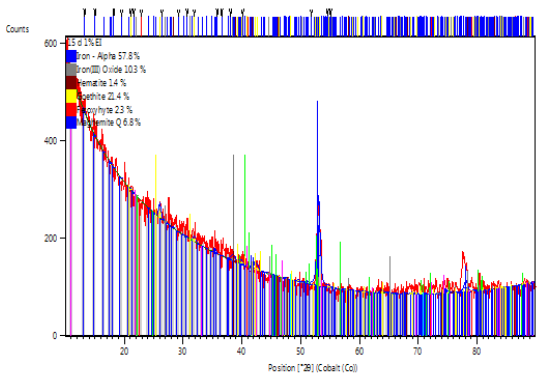
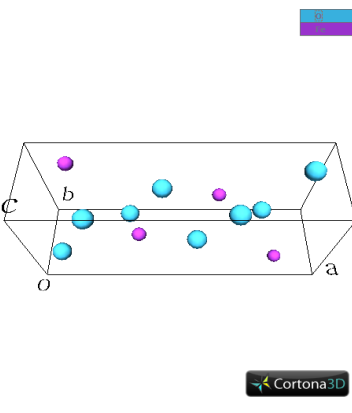
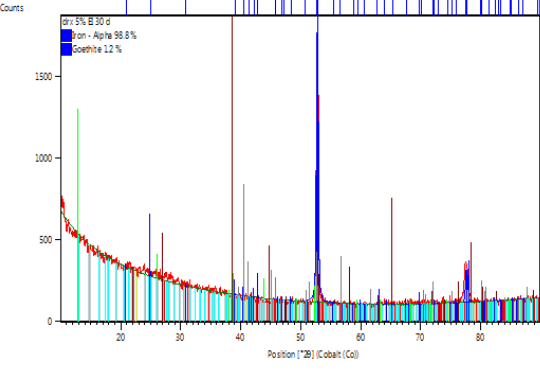
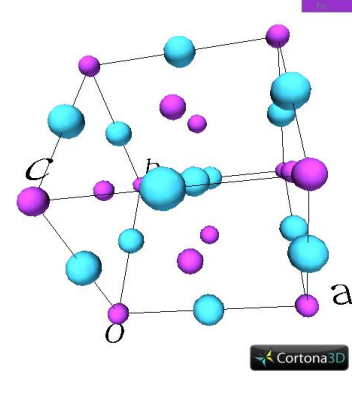
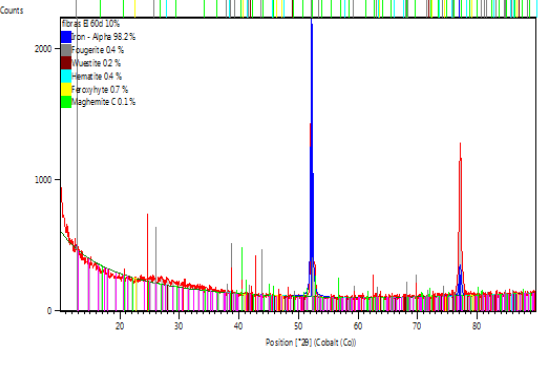
Fuente: Integrantes semillero de investigación MSMRHA.

2.3.3 Análisis de los resultados

A los especímenes de concreto se les realizó varios ensayos de laboratorio como lo son el de microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (DRX). Estos ensayos se realizaron a cada tipo de cilindros, es decir, a cada cilindro por cada concentración de ácido sulfúrico y tiempo de exposición al mismo.

El aporte realizado en esta actividad consistió en analizar y caracterizar los resultados obtenidos de los ensayos SEM y DRX de las muestras MI, I, EI, • y finalmente con zeolita, con el fin de establecer el comportamiento que tienen las probetas de concreto de acuerdo al número de días y la cantidad de concentración de ácido a la que se exponen. También cómo se comportan los especímenes con adición de zeolitas sintéticas tipo A5 incorporándolas en la mezcla estándar y la mezcla para ambientes marinos. Un ejemplo del análisis que se realizó se presenta a continuación, en la tabla 4 para la muestra EI.

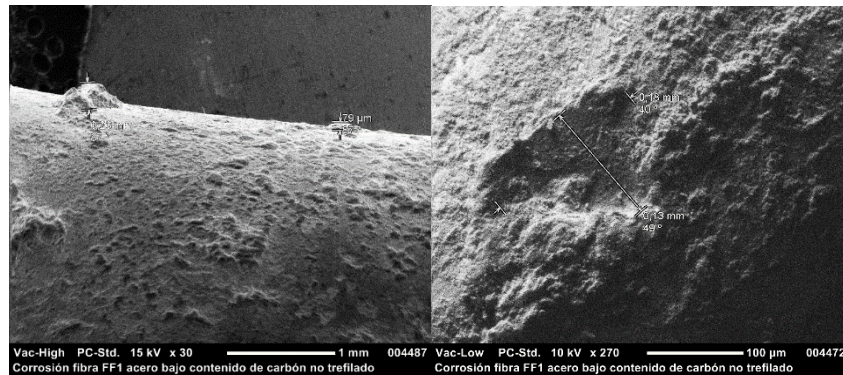
Tabla 4 Estructura cristalina y DRX para la muestra EI

Concentración de H_2SO_4 - periodo de prueba (días)	Muestra estándar con fibras metálicas EI	
	Estructura cristalina	Difractograma (DRX)
1% - 15		
5% - 30		
10% - 60		

Fuente: CORTES, Melquisedec. Diseño y evaluación de la degradación del concreto CA, bajo la influencia del ácido sulfúrico biogénico. Tesis doctoral. Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2020. [Consultado 02 febrero 2021].

En la tabla 4 se aprecia que en las estructuras cristalinas desde los 15 días a la concentración más baja del 1% ya se presenta corrosión en las fibras metálicas. En cuanto a los DRX nos arrojan que para la concentración del 1% las fibras metálicas presentan la mayor corrosión, ya que están atacadas por óxidos de hierro a un 18,5% y por hidróxidos de hierro a un 23,7%, es decir, que el 42,2% de la muestra se encuentra corroída. A los 30 días a una concentración del 5%, disminuye la presencia de óxidos de hierro a 2,84%, pero a los 60 días a una concentración del 10% aumenta la presencia de óxidos de hierro a un 4,6%. Se puede analizar que de la concentración del 1% al 6% la corrosión disminuyó un 37,6%, cuando en su lugar tenía que haber aumentado puesto que se encuentra expuesto a una concentración más grande de ácido durante más tiempo, esto sucede porque seguramente la fibra en análisis para la concentración del 1% se encontraba en la superficie del espécimen o susceptible al ataque del ácido, en cambio, la fibra expuesta al 5% y 10% de H_2SO_4 seguramente se encontraba en el centro del espécimen la cual la hacía menos susceptible al ataque por H_2SO_4 .

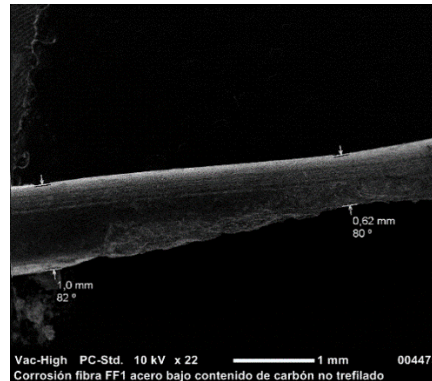
Figura 4 Mezcla EI al 1% H_2SO_4 durante 15 días.



Fuente: CORTES, Melquisedec. Diseño y evaluación de la degradación del concreto CA, bajo la influencia del ácido sulfúrico biogénico. Tesis doctoral. Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2020. [Consultado 02 febrero 2021].

En la figura 4 se observa la imagen SEM, a la derecha incrustaciones en las fibras metálicas de refuerzo de la mezcla standard y en la derecha se presentan leves desprendimientos de material.

Figura 5 Pérdida de masa El al 10% H_2SO_4 durante 60 días



Fuente: CORTES, Melquisedec. Diseño y evaluación de la degradación del concreto CA, bajo la influencia del ácido sulfúrico biogénico. Tesis doctoral. Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2020. [Consultado 02 febrero 2021].

En la figura 5 se observa la imagen SEM de la fibra metálica de refuerzo de la mezcla de concreto estándar presentando pérdida de masa en un 38% por el ataque de H_2SO_4 .

Debe señalarse que las imágenes mostradas en la tabla 4, figura 4 y 5 son resultados de una tesis doctoral. Por lo tanto, la actividad realizada consistió en el análisis de dichos resultados como aporte investigativo al semillero de investigación MSMRHA.

2.3.4 Elaboración de artículo de revisión

Como producto final se elaboró un artículo de revisión, el cual recopila toda la información recolectada a lo largo del proyecto, en cuanto a marco teórico y estado del arte más reciente. Este artículo se denomina: La zeolita como un agente para minimizar el impacto de la degradación por ASB en las estructuras de concreto en los sistemas de alcantarillado. Vale aclarar, que el artículo no se adjunta a este informe puesto que está en proceso de revisión y publicación en una revista indexada. Sin embargo, se presenta un fragmento del artículo realizado.

“Sin duda, el concreto es un material de construcción utilizado en todo el mundo en obras civiles, por sus grandes características de resistencia, durabilidad y economía, aunque estos factores pueden verse afectados cuando se expone este material a fenómenos como la corrosión. En las estructuras de concreto de los sistemas de alcantarillado de agua residual, se encuentra muy marcado este fenómeno, causado principalmente por microorganismos asociados con la producción de ácido sulfúrico cuya presencia provoca la corrosión del concreto [1]. Esta problemática afecta la vida útil de los sistemas de alcantarillado, ya que pasa por un proceso donde el concreto se deteriora, se agrieta y empieza a perder masa, hasta llegar a un colapso de la estructura. Esto se presenta en todo el mundo, por ejemplo, en países como Bélgica la corrosión biogénica representa un costo aproximadamente del 10% del gasto total en tratamiento de aguas residuales [2], a los Ángeles (EE. UU) le cuesta alrededor de €400 millones, la rehabilitación de las tuberías afectadas por ASB (ácido sulfúrico biogénico) y se estima que para Alemania la restauración de redes de alcantarillado deterioradas por corrosión costará alrededor de €100000 millones [3]. El comprender el fenómeno de la corrosión en estos sistemas hace que sea necesario la búsqueda de una solución, que permita aumentar la vida útil y a su vez reducir los gastos en rehabilitación. Entre tantas posibles soluciones que se han planteado al paso de los años [4], [5], [6] actualmente se buscan materiales que ayuden a mitigar este proceso de corrosión, uno de estos es la implementación de la zeolita natural o sintética. La zeolita es un soporte catalítico empleado en la actualidad, ya que gracias a su estructura porosa presenta unas buenas propiedades para ser empleadas en intercambio iónico, en catálisis y en adsorción [7]. La zeolita puede utilizarse como aditivo en los morteros, llegando a concluir que mejoran las propiedades mecánicas del cemento, impiden el crecimiento de las bacterias corrosivas, reduciendo así el tamaño de poro y formación de la corrosión.”³

2.4 MANUAL DE LABORATORIOS DE HIDRÁULICA

El manual de laboratorios de hidráulica se presenta como una guía para la elaboración de prácticas de laboratorio desarrolladas en los programas de mecánica de fluidos, tuberías y canales de la Facultad de Ingeniería Civil. Se busca

³ MATEUS, Tania. La zeolita como un agente para minimizar el impacto de la degradación por ASB en las estructuras de concreto en los sistemas de alcantarillado. Semillero de investigación de manejo sostenible de materiales y recursos hidroambientales. Tunja: Universidad Santo Tomás. 2021.

contextualizar la metodología que se debe llevar a cabo para el desarrollo de dichas prácticas. Este manual presenta 20 prácticas diseñadas con las herramientas y equipos disponibles en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás, el cual contiene el paso a paso práctico y sencillo de cada laboratorio, y adicional a esto presenta 20 videos ilustrativos; 1 por cada práctica para facilitar aún más la comprensión de dichos laboratorios y garantizar así una mejor calidad en el aprendizaje y desarrollo de las prácticas por parte de los estudiantes.

Las prácticas que abarca este manual son las siguientes:

1. Teorema de Bernoulli
2. Pérdidas de carga locales
3. Pérdidas de carga por longitud
4. Canal de Venturi para tipos de flujo
5. Tubo de Pitot en el canal hidráulico
6. Compuerta plana deslizante (descarga libre)
7. Compuerta plana deslizante (descarga remanso)
8. Compuerta de segmento (descarga libre)
9. Compuerta de segmento (descarga remanso)
10. Vertedero de cresta ancha (caída libre, chorro sumergible y napa)
11. Vertedero de cresta ancha (caudal)
12. Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (influencia de la aireación en la forma de la napa y los coeficientes de una presa)
13. Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (determinación experimental de una napa libre)
14. Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (caudal y altura)
15. Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (tipos de flujo y transición de flujo)
16. Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (resalto hidráulico)
17. Vertedero de sifón
18. Elementos de la disipación de energía
19. Box culvert (descarga libre)
20. Box culvert (descarga de remanso)

La elaboración de este manual tomó un tiempo alrededor de dos años, donde se le hicieron correcciones a las especificaciones que traían varios equipos y a los manuales de los mismos. Dicho manual es un producto compartido, entre: Ph.D. Melquisedec Cortés Zambrano y Camila Andrea Silva López. Vale aclarar que no se adjunta a este documento ya que se encuentra en proceso de publicación por

parte del departamento de ediciones USTA Tunja, para que puedan tener acceso toda la comunidad estudiantil. Sin embargo, a continuación, se presentan la descripción de cada una de las practicas desarrolladas y se adjunta el link de cada de los videos los cuales se encuentran publicados en el CRAI de la universidad Santo Tomás.

2.4.1 Demostración del teorema de Bernoulli



Fuente: "Elaboración propia".

Con el fin de demostrar el teorema de Bernoulli en el banco hidráulico, se medirá la presión y la velocidad a lo largo del tubo venturi y se determinará el caudal que fluye por el mismo. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32556>

2.4.2 Pérdida por accesorios.



Fuente: “Elaboración propia”.

Se determinará las pérdidas de carga de una corriente que circula a lo largo de una tubería, con 7 tipos de accesorios para controlar el direccionamiento del flujo. Se calculará los coeficientes de pérdida K_m y el caudal que fluye por la tubería. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32553>

2.4.3 Pérdidas de carga por longitud



Fuente: “Elaboración propia”.

Con el fin de determinar de manera experimental la pérdida de carga por fricción, se calculará el número de Reynolds para los distintos tipos de flujo y el caudal que fluye por la tubería. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32554>

2.4.4 Canal de Venturi para tipos de flujo



Fuente: "Elaboración propia".

En esta práctica se calculará el número de Froude y la velocidad del flujo para distintos caudales con el fin de examinar los tipos de flujo en el canal venturi. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32457>

2.4.5 Tubo de Pitot en el canal hidráulico



Fuente: "Elaboración propia".

Se determinará la presión dinámica por medio del tubo pitot, para así poder calcular la velocidad del flujo de agua a lo largo del canal hidráulico. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32642>

2.4.6 Compuerta plana deslizante (descarga libre)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se analizará la relación entre la altura de la abertura de la compuerta y el nivel aguas arriba, se observará el resalto hidráulico y por último se calculará la descarga bajo la compuerta. Con el fin de demostrar la descarga libre bajo una compuerta plana deslizante aguas abajo. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32557>

2.4.7 Compuerta plana deslizante (descarga remanso)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se analizará la relación entre la altura de la abertura de la compuerta y el nivel aguas arriba, se observará el resalto hidráulico y por último se calculará la descarga bajo la compuerta. Con el fin de demostrar la descarga de remanso bajo una compuerta plana deslizante con aguas abajo embalsadas. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32522>

2.4.8 Compuerta de segmento (descarga libre)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se analizará la relación entre la altura de la abertura de la compuerta y el nivel aguas arriba, se observará el resalto hidráulico y por último se calculará la descarga bajo la compuerta. Con el fin de demostrar la descarga libre bajo una compuerta de segmento aguas abajo. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32520>

2.4.9 Compuerta de segmento (descarga remanso)



Fuente: "Elaboración propia".

Se analizará la relación entre la altura de la abertura de la compuerta y el nivel aguas arriba, se observará el resalto hidráulico y por último se calculará la descarga bajo la compuerta. Con el fin de demostrar la descarga de remanso bajo una compuerta de segmento con aguas abajo embalsadas. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32520>

2.4.10 Vertedero de cresta ancha (caída libre, chorro sumergible y napa)



Fuente: "Elaboración propia".

Se demostrará las distintas condiciones de la caída en la presa. Se aclara la diferencia entre caída libre (presa de rebose) y chorro sumergible (presa sumergible). Se evidenciará los efectos de distintos bordes de la presa en la napa detrás de la presa. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32641>

2.4.11 Vertedero de cresta ancha (Caudal)

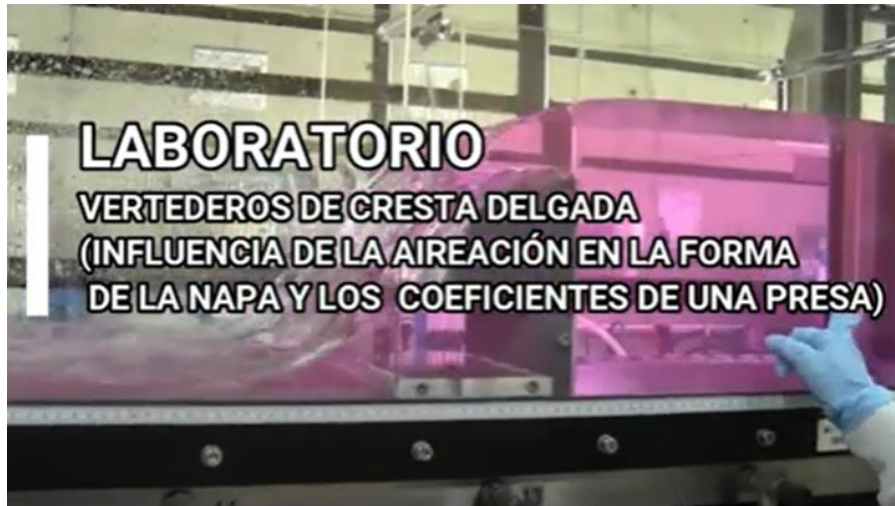


Fuente: "Elaboración propia".

Se demostrará y calculará la descarga en condiciones de caída libre y chorro sumergible para el vertedero de cresta ancha con bordes redondeados y vivos. El

siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32640>

2.4.12 Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (influencia de la aireación en la forma de la napa y los coeficientes de una presa)



Fuente: "Elaboración propia".

Demostrar la influencia de la aireación en la forma de la napa en una presa de cresta delgada y los coeficientes de vertedero para todas las presas. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32698>

2.4.13 Juego de vertederos de cresta delgada, cuatro tipos (determinación experimental de una napa libre)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se establecerá experimentalmente los coeficientes de vertedero de distintas presas de platos, con el fin de determinar la forma de una napa libre y compararla con la forma calculada teóricamente. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32697>

2.4.14 Vertedero de perfil ogive con dos tipos de salidas (caudal y altura)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se demostrará la dependencia entre la altura y el caudal con el fin de relacionar el flujo sobre presas de cresta ogee con distintas salidas. Además, se calculará la descarga y se comparará con el caudal medido. En el siguiente link se encuentra el video ilustrativo: El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32639>

2.4.15 Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (tipos de flujo y transición de flujo)



Fuente: "Elaboración propia".

Se visualizará la dependencia entre la posición del resalto hidráulico y el nivel de aguas abajo. Al igual, que se relacionará el flujo sobre presas de cresta ogee con distintas salidas. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32690>

2.4.16 Vertedero de perfil ogee con dos tipos de salidas (resalto hidráulico)



Fuente: “Elaboración propia”.

Se visualizará la dependencia entre la posición del resalto hidráulico y el nivel de aguas abajo. Al igual que, se relacionará el flujo sobre presas de cresta ogee con distintas salidas. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32638>

2.4.17 Vertedero de sifón



Fuente: “Elaboración propia”.

Se podrá determinar el coeficiente de descarga de un vertedero de sifón totalmente evacuado de manera experimental. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde

encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32637>

2.4.18 Elementos de la disipación de energía



Fuente: "Elaboración propia".

Se demostrará el flujo con elementos de disipación de energía, en función del resalto hidráulico, del cuenco de disipación y la disipación de energía con los diferentes elementos. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32555>

2.4.19 Box culvert (descarga libre)



Fuente: "Elaboración propia".

Se entenderá el comportamiento del flujo en un canal abierto cuando coexiste una obra de paso en la sección transversal del flujo. Se analizará los diferentes escenarios de descarga en una obra de paso parcialmente llena o completamente llena en condiciones de descarga libre. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32521>

2.4.20 Box culvert (descarga de remanso)



Fuente: "Elaboración propia".

Se entenderá el comportamiento del flujo en un canal abierto cuando coexiste una obra de paso en la sección transversal del flujo. Se analizará los diferentes escenarios de descarga en una obra de paso parcialmente llena o completamente llena en condiciones de descarga de remanso. El siguiente link lo llevará al repositorio institucional del CRAI de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, donde encontrará información acerca de esta práctica de laboratorio, incluyendo un video ilustrativo: <http://hdl.handle.net/11634/32514>

CONCLUSIONES

La participación en el semillero de investigación MSMRHA, contribuyó a descubrir cualidades que en su momento estaban ocultas, como lo son las de liderazgo, competencias investigativas y el hablar en público. Estas cualidades se fueron desarrollando a la medida que se participaba en cada actividad, puesto que cada una de ellas exigía compromiso, dedicación, responsabilidad y trabajo en equipo.

En cuanto a las actividades desarrolladas en el semillero, se debe considerar que fueron de gran aporte a las materias vistas a lo largo de la carrera, por ejemplo, el proyecto de la calidad de agua y catastro de redes, instrumentación e hidrodinámica, contribuyeron a las materias de alcantarillados y tratamientos de aguas, pues que la participación en estos proyectos fue muy experimental, se pudo observar como es un pozo de inspección y una cámara de caída en su interior, como funciona una red de alcantarillado. Fueron conocimientos que se adquirieron con la experiencia antes de ver dichas materias.

El proyecto de la degradación del concreto pone en evidencia la importancia de buscar soluciones a problemáticas de gran impacto que no solo afectan un sector o un país en específico, sino en su lugar es una problemática mundial a la que se enfrentan los ingenieros civiles día a día.

Para la elaboración del manual de laboratorios de hidráulica, se aplicaron los conocimientos adquiridos durante el pregrado en la Universidad Santo Tomás, junto al director del semillero, el ingeniero Melquisedec Cortes Zambrano, quien fue una guía y apoyo en el proceso de construcción del mismo.

Pertenecer a un semillero es muy beneficioso puesto que incentiva a la investigación, a la solución de problemáticas actuales. En este se pueden elaborar material científico para su publicación como en el caso artículos y manuales, los cuales son un gran aporte al crecimiento profesional.

REFERENCIAS

- AMAYA, Wilson. Modelización hidráulica de drenaje urbano, aplicación sector nororiental distrito Santa Inés Tunja. Tesis magistral. Tunja: Universidad Santo Tomás. 2019.
- BALDINO, Noemi; ZINNO., Raffaele y DOMENICO, Gabriele. Comportamiento reológico de las pastas de cemento fresco: influencia de zeolitas sintéticas piedra caliza y humo se sílice. *Investigación de cemento y concreto*. 2014, Vol. 63, pp. 38-45.
- CORTES, Melquisedec. Diseño y evaluación de la degradación del concreto CA, bajo la influencia del ácido sulfúrico biogénico. Tesis doctoral. Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2020. [Consultado 02 febrero 2021]. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-3391>
- GAMBA, Dania. Informe de actividades semillero de investigación. Informe pregrado. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- LARA, Monica. Modelación de Calidad de Agua Del Drenaje Urbano, en Software SWMM, Sector Nororiental – Santa Inés – Tunja. Tesis magistral. Tunja: Universidad Santo Tomás. 2020.
- MATEUS, Tania. La zeolita como un agente para minimizar el impacto de la degradación por ASB en las estructuras de concreto en los sistemas de alcantarillado. Semillero de investigación de manejo sostenible de materiales y recursos hidroambientales. Tunja: Universidad Santo Tomás. 2021.
- M. Cortés, W. E Amaya and D. S. Gamba. Implementation of the hydraulic modelling of urban drainage in the northeast sector, Tunja, Boyacá, Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. [Online]. Available: <https://www.doi.org/10.17533/udea.redin.20200798>
- TESFAALEM, Haile. Evaluación de la resistencia de los morteros recubiertos con zeolita con plata a la corrosión inducida por bacterias. *Ciencia de la corrosión*. 2008, Vol. 50, nro 3, pp 713-720.

