



Diseño y Construcción de una Compuerta Hidráulica Plana Deslizante para el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Girardot Cundinamarca.

Johan Sebastian Orjuela Ruiz

Jesús David Correa Perdomo

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

marzo de 2024

Diseño y Construcción de una Compuerta Hidráulica Plana Deslizante para el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Girardot Cundinamarca.

Johan Sebastian Orjuela Ruiz

Jesús David Correa Perdomo

Monografía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor(a)

Edgar Orjuela Montoya

Ingeniero civil especialista en recursos hidráulicos

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

marzo de 2024

## Dedicatoria

A mi abuela, fuente inagotable de sabiduría y amor, cuyo ejemplo de perseverancia y generosidad ha dejado una huella indeleble en mi vida. A través de tus enseñanzas y consejos, has sido mi guía en los momentos más difíciles y mi compañera en los momentos de alegría. Este logro es también tuyo, por ser mi inspiración constante y mi luz en el camino.

A mis compañeros de estudio, por compartir risas, desafíos y experiencias inolvidables a lo largo de esta travesía académica. Su amistad y camaradería han hecho de este viaje una aventura inolvidable, llena de aprendizajes y crecimiento personal.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional en cada paso del camino. Su amor y aliento han sido mi roca en los momentos de incertidumbre y mi motivación para seguir adelante hacia mis metas.

A todos aquellos que han cruzado mi camino y han dejado una marca en mi vida, ya sea con una palabra de aliento, un gesto de amabilidad o un ejemplo inspirador. Su influencia ha contribuido en gran medida a mi desarrollo personal y profesional.

Dedico este trabajo a cada una de las personas que han formado parte de mi viaje, cuyas enseñanzas, apoyo y amor han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito. Este logro es un tributo a su impacto en mi vida y una expresión de mi profunda gratitud y cariño hacia ellos.

Johan Sebastian Orjuela Ruiz

Dedico este trabajo de grado a mis padres, quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su amor, sacrificio y confianza en mí han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis metas y perseguir mis sueños.

A mis profesores y mentores, por su invaluable orientación, sabiduría y dedicación, que me han guiado y enriquecido con conocimientos y experiencias que han marcado mi desarrollo académico y profesional.

A mis amigos y seres queridos, por su inquebrantable apoyo, comprensión y ánimo en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido fundamental para mantenerme motivado y enfocado en alcanzar este logro.

A todos aquellos que de una u otra manera han contribuido a este proyecto, su colaboración y confianza en mí han sido fundamentales para hacer posible este trabajo.

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño a cada una de las personas que han formado parte de mi vida y han hecho posible este importante logro. Sin ustedes, este camino habría sido mucho más difícil. ¡Gracias!

Jesús David Correa Perdomo

## Agradecimientos

Agradezco sinceramente a todos aquellos que hicieron posible la realización de esta opción de grado, cuyo esfuerzo y colaboración han sido fundamentales para alcanzar este importante logro.

En primer lugar, agradezco a mi director de trabajo de grado, el profesional Edgar Orjuela Montoya por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso. Su sabiduría y apoyo fueron fundamentales para superar los desafíos y alcanzar los objetivos establecidos.

Agradezco también a todos los profesores y colaboradores que brindaron su tiempo, conocimientos y experiencia para enriquecer este trabajo. Sus aportes fueron invaluable y contribuyeron significativamente al desarrollo y calidad de esta investigación.

No puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a mis compañeros de equipo, cuya colaboración, motivación y compañerismo fueron esenciales para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa. Su apoyo y trabajo en equipo fueron un pilar fundamental en cada etapa del proceso.

Agradezco igualmente a mis amigos y familiares por su constante apoyo, comprensión y ánimo durante este desafiante pero gratificante proceso. Su amor y aliento fueron mi fuente de inspiración y fortaleza en los momentos más difíciles.

Por último, pero no menos importante, agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a este proyecto, ya sea brindando recursos, compartiendo conocimientos o simplemente ofreciendo palabras de aliento. Su apoyo fue fundamental y estoy profundamente agradecido por su generosidad y amabilidad.

Los autores

## Contenido

Lista de figuras .....	8
Lista de anexos.....	9
Resumen .....	10
Abstract.....	12
Introducción.....	14
1 Formulación del Problema.....	16
1.1 Descripción del problema .....	16
1.2 Delimitación del problema.....	17
1.3 Definición del problema.....	18
1.4 Planteamiento del problema .....	19
2 Antecedentes .....	20
3 Estado del arte .....	22
4 Justificación.....	24
5 Objetivos .....	26
5.1 Objetivo general.....	26
5.2 Objetivos específicos .....	26
6 Factibilidad .....	27
CAPITULO 1 .....	29
7 Marco teórico.....	29
7.1 Compuertas hidráulicas .....	29
7.1.1 Definición de hidráulica de canales .....	29
7.1.2 Definición de una compuerta hidráulica.....	29
7.1.3 Clasificación.....	29
Según las condiciones del flujo aguas abajo:.....	29
• Compuerta con descarga libre.....	29
• Compuerta con descarga sumergida o ahogada. ....	29
7.1.4 De acuerdo a sus características geométricas:.....	30
7.2 Tipos de compuertas hidráulicas .....	30
7.2.1 Compuertas cilíndricas.....	30

7.2.2	Compuertas de aleta.....	30
7.2.3	Compuertas radiales .....	31
7.2.4	Compuertas planas de rodillos .....	32
7.2.5	Compuerta plana deslizante .....	32
CAPITULO II .....		37
8	Marco metodológico.....	37
8.1	Método .....	37
8.2	Enfoque .....	37
8.3	Desarrollo.....	38
8.3.1	Inspección visual de cómo se revise el prototipo. ....	39
8.3.2	Reparaciones necesarias.....	40
8.3.3	Materiales necesarios .....	40
8.3.4	Instalación de medidores de lamina de agua .....	41
8.3.5	Instalacion de chumaceras.....	42
8.3.6	Montura del motor Nema 17 bipolar .....	44
8.3.7	Conexión del módulo L298N.....	46
8.3.8	Programación del Arduino Nano (microcontrolador).....	47
8.3.9	Fusible protector y puerto de alimentación. ....	49
9	Resultados esperados .....	54
10	Análisis de resultados .....	55
11	Impacto .....	57
12	Recomendaciones.....	58
13	Conclusiones .....	59
14	Referencias.....	60
Anexos.....		62

**Lista de figuras**

Figura 1 Imagen Canal hidráulico de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.....	17
Figura 2 compuerta cilíndrica.....	30
Figura 3 compuerta de aleta .....	31
Figura 4 compuerta radial .....	31
Figura 5 compuerta de rodillos .....	32
Figura 6 Compuerta plana rectangular .....	33
Figura 7 Inspección prototipo canal hidráulico.....	39
Figura 8 Canal reparado .....	40
Figura 9 Sensores de nivel de lamina de agua .....	42
Figura 10 chumacera.....	44
Figura 11 motor Nema 17 bipolar.....	45
Figura 12 módulo L298N .....	47
Figura 13 Arduino Mega 2560 (microcontrolador).....	48
Figura 14 Fusible .....	49
Figura 15 Interruptor manual de apagado y encendido .....	50
Figura 16 Sensor de caudal .....	51
Figura 17 Sensor de temperatura .....	51
Figura 18 Sensor de altura de lámina de agua .....	52
Figura 19 Panel de control .....	52
Figura 20 Visualización de datos .....	53



**Lista de anexos**

Anexo 1 Canal.....	62
Anexo 2 Canal donde se empezó a elegir la compuerta más apropiada .....	62
Anexo 3 Sensores de medición de altura de lámina de agua .....	63
Anexo 4 Sensor de temperatura .....	63
Anexo 5 Sensor de medidor de caudal .....	64
Anexo 6 Tablero de control de los sensores .....	64
Anexo 7 Compuerta hidráulica plana deslizante .....	65
Anexo 8 Tablero de control de compuerta hidráulica plana deslizante .....	65
Anexo 9 Interfaz de programación.....	66
Anexo 10 Punto de conexión de los datos.....	66

## Resumen

La presente investigación aborda de manera exhaustiva el diseño y construcción de una Compuerta Hidráulica Plana Deslizante para el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Girardot, Cundinamarca. La necesidad de esta iniciativa surge ante la evidente falta de equipos actualizados en el laboratorio, lo cual comprometía la eficacia y relevancia de las investigaciones hidráulicas llevadas a cabo en dicho entorno académico.

Para comprender plenamente el alcance de esta problemática, se realizó un análisis detallado de las limitaciones presentes en el laboratorio, poniendo de relieve la carencia de una compuerta diseñada específicamente para las necesidades y características del mismo. Esta deficiencia no solo afectaba la calidad de los resultados experimentales, sino que también limitaba la capacidad del laboratorio para mantenerse a la vanguardia en investigación hidráulica y satisfacer las demandas académicas y científicas del entorno universitario.

En respuesta a este desafío, se emprendió un estudio exhaustivo del estado del arte en compuertas hidráulicas y sistemas de automatización, con el fin de identificar tendencias, avances y mejores prácticas en el campo. Además, se llevaron a cabo análisis de viabilidad técnica y económica para evaluar la factibilidad del proyecto, considerando aspectos como la disponibilidad de materiales, recursos y la eficiencia en costos.

El proceso de diseño y construcción de la Compuerta Hidráulica Plana Deslizante se rigió por un enfoque metodológico sólido, que abarcó desde la investigación inicial hasta la validación final del prototipo. Se emplearon herramientas y técnicas de ingeniería avanzada, así como software de modelado y simulación, para garantizar la funcionalidad, eficiencia y seguridad del sistema.

En la fase experimental, se llevaron a cabo pruebas rigurosas en el laboratorio para evaluar el rendimiento y la precisión de la compuerta hidráulica, verificando su conformidad con los estándares de

calidad y desempeño establecidos. Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios, lo que respalda la viabilidad y efectividad de la solución propuesta.

Este proyecto representa un importante avance en el ámbito de la ingeniería hidráulica, al ofrecer una solución innovadora y práctica para mejorar las capacidades del laboratorio de hidráulica de canales. La implementación de la Compuerta Hidráulica Plana Deslizante no solo eleva la calidad de los resultados experimentales, sino que también consolida a la Corporación Universitaria Minuto de Dios como un referente en investigación hidráulica, promoviendo así el desarrollo académico y científico en la región y más allá.

*Palabras clave: Hidráulica, compuerta plana, automatización, laboratorio.*

### **Abstract**

This research exhaustively addresses the design and construction of a Flat Sliding Hydraulic Gate for the canal hydraulics laboratory of the Minuto de Dios University Corporation, Girardot headquarters, Cundinamarca. The need for this initiative arises from the evident lack of updated equipment in the laboratory, which compromised the effectiveness and relevance of hydraulic research carried out in said academic environment.

To fully understand the scope of this problem, a detailed analysis of the limitations present in the laboratory was carried out, alleviating the attention of a hatch designed specifically for its needs and characteristics. This deficiency not only affected the quality of experimental results, but also limited the laboratory's ability to remain at the forefront of hydraulic research and meet the academic and scientific demands of the university environment.

In response to this challenge, an exhaustive study of the state of the art in hydraulic gates and automation systems was undertaken, in order to identify trends, advances and best practices in the field. In addition, a technical and economic feasibility analysis was carried out to evaluate the feasibility of the project, considering aspects such as the availability of materials, resources and cost efficiency.

The design and construction process of the Flat Sliding Hydraulic Gate was governed by a solid methodological approach, which spanned from initial research to final validation of the prototype. Advanced engineering tools and techniques, as well as modeling and simulation software, were used to ensure system functionality, efficiency and security.

In the experimental phase, rigorous tests were carried out in the laboratory to evaluate the performance and precision of the hydraulic gate, verifying its compliance with established quality and performance standards. The results obtained were highly satisfactory, which supports the viability and effectiveness of the proposed solution.

This project represents an important advance in the field of hydraulic engineering, offering an innovative and practical solution to improve the capabilities of the canal hydraulics laboratory. The implementation of the Flat Sliding Hydraulic Gate not only increases the quality of the experimental results, but also consolidates the Minuto de Dios University Corporation as a reference in hydraulic research, thus promoting academic and scientific development in the region and beyond.

*Keywords: Hydraulics, flat gate, automation, laboratory.*

## Introducción

En el ámbito de la educación en ingeniería civil, los laboratorios de hidráulica de canales desempeñan un papel crucial al proporcionar un entorno práctico donde los estudiantes pueden aplicar los principios teóricos aprendidos en el aula a situaciones reales. Estos laboratorios ofrecen la oportunidad de experimentar con diferentes configuraciones de flujo, estudiar la dinámica del agua y comprender los fenómenos hidráulicos que son fundamentales para el diseño y la gestión de infraestructuras hidráulicas.

La Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, Cundinamarca, reconociendo la importancia de la práctica en la formación de sus estudiantes de ingeniería civil, ha identificado la necesidad de mejorar y ampliar su laboratorio de hidráulica de canales. Entre las necesidades identificadas se encuentra la carencia de equipos adecuados que permitan realizar experimentos y demostraciones de forma eficaz, especialmente en lo que respecta al control del flujo de agua en canales abiertos.

En este contexto, surge la iniciativa de diseñar y construir una Compuerta Hidráulica Plana Deslizante, un equipo versátil y funcional que complementará las capacidades del laboratorio y enriquecerá la experiencia educativa de los estudiantes. Esta compuerta no solo servirá como una herramienta didáctica para la enseñanza de conceptos hidráulicos, sino que también proporcionará a los estudiantes la oportunidad de participar en un proyecto de ingeniería práctica desde su concepción hasta su implementación.

El proyecto de diseño y construcción de la Compuerta Hidráulica Plana Deslizante aborda varios aspectos, desde la investigación inicial y el diseño conceptual hasta la fabricación y pruebas finales del equipo. Se busca no solo cumplir con los requisitos técnicos y funcionales de la compuerta, sino también garantizar su durabilidad, seguridad y compatibilidad con el entorno educativo y académico de la universidad.

Además, se espera que este proyecto fomente la colaboración entre estudiantes, profesores y personal técnico, promoviendo un enfoque interdisciplinario para resolver problemas de ingeniería y fortaleciendo el sentido de comunidad dentro de la institución. Asimismo, se anticipa que la Compuerta Hidráulica Plana Deslizante servirá como un recurso valioso para la investigación en el campo de la ingeniería hidráulica, permitiendo la realización de experimentos y estudios que contribuyan al avance del conocimiento en el área.

El desarrollo de la Compuerta Hidráulica Plana Deslizante no solo busca satisfacer una necesidad específica del laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sino también enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes y promover la excelencia académica en el campo de la ingeniería civil. A través de este proyecto, se reafirma el compromiso de la universidad con la formación integral de sus estudiantes y con la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para los desafíos de ingeniería del siglo XXI.

## **1 Formulación del Problema**

### **1.1 Descripción del problema**

El laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, ubicado en la sede Girardot, Cundinamarca, se enfrenta a desafíos significativos que afectan su capacidad para proporcionar una experiencia educativa completa y efectiva a los estudiantes de ingeniería civil.

En primer lugar, se ha identificado una carencia de equipos adecuados en el laboratorio. A pesar de la importancia de contar con recursos didácticos prácticos, el laboratorio actualmente carece de una compuerta hidráulica plana deslizante, un componente esencial para el control del flujo de agua en canales abiertos. La ausencia de este equipo limita las capacidades del laboratorio para realizar experimentos y demostraciones en condiciones reales, lo que afecta la calidad y la efectividad de la enseñanza de conceptos hidráulicos.

Esta limitación en la disponibilidad de equipos adecuados también se traduce en una enseñanza práctica óptima. Los profesores enfrentan dificultades para enseñar conceptos hidráulicos de manera efectiva debido a la falta de recursos didácticos prácticos. Los estudiantes, por su parte, carecen de la oportunidad de experimentar directamente con diferentes configuraciones de flujo y de desarrollar habilidades prácticas relacionadas con el control y la medición del agua en canales. Como resultado, la comprensión y aplicación de los principios teóricos se ven comprometidas, lo que puede afectar negativamente el desempeño académico de los estudiantes.

Además, la escasez de recursos educativos innovadores representa un desafío adicional para el laboratorio. En un entorno educativo cada vez más competitivo, es fundamental contar con equipos modernos y versátiles que estimulen el interés y la participación de los estudiantes. La falta de equipos especializados puede afectar negativamente la calidad de la educación y la formación de los futuros ingenieros civiles, lo que puede tener implicaciones a largo plazo para la reputación y el prestigio de la institución.



Figura 1 Imagen Canal hidráulico de la Corporación Universitaria Minuto de Dios



Fuente: Propia

En última instancia, la necesidad de mejorar la infraestructura educativa en el laboratorio de hidráulica de canales es evidente. La mejora y ampliación de la infraestructura educativa, incluyendo el equipamiento de laboratorios y talleres, es esencial para garantizar una formación académica de alta calidad. La falta de equipos adecuados y funcionales puede limitar el potencial de aprendizaje de los estudiantes y dificultar el cumplimiento de los objetivos educativos de la institución, lo que representa un obstáculo significativo para el desarrollo y el éxito académico de los estudiantes de ingeniería civil.

## **1.2 Delimitación del problema**

La falta de una compuerta hidráulica plana deslizante limita significativamente la capacidad de los estudiantes para realizar experimentos prácticos y comprender plenamente los conceptos hidráulicos. Esta herramienta, esencial para controlar el flujo de agua en canales abiertos, proporciona una plataforma fundamental para el desarrollo de habilidades prácticas y la aplicación de conocimientos teóricos en un entorno realista.

Es importante destacar que, si bien esta carencia es un problema crítico, el alcance de este estudio se limita al contexto específico del laboratorio de hidráulica de canales de esta institución. Aunque otras necesidades y desafíos pueden existir en el laboratorio, este proyecto se enfoca exclusivamente en abordar la falta de una compuerta hidráulica plana deslizante como el principal obstáculo para una enseñanza efectiva en ingeniería civil.

Además, es necesario considerar las limitaciones financieras y logísticas que pueden afectar la resolución de este problema. Si bien el diseño y construcción de la compuerta son pasos esenciales para superar esta carencia, es esencial tener en cuenta los recursos disponibles y buscar soluciones viables que se ajusten a las necesidades y posibilidades de la institución.

La delimitación del problema se centra en la ausencia de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, Cundinamarca. Esta carencia se reconoce como un desafío significativo que afecta la calidad de la educación en ingeniería civil, y se establecen límites específicos para abordar este problema dentro del contexto educativo, financiero y logístico de la institución.

### **1.3 Definición del problema**

La ausencia de una compuerta hidráulica plana deslizante limita la capacidad del laboratorio para llevar a cabo experimentos prácticos efectivos relacionados con el control del flujo de agua en canales abiertos. Esta herramienta es esencial para la comprensión práctica de los conceptos hidráulicos por parte de los estudiantes, así como para el desarrollo de habilidades técnicas relevantes en el campo de la ingeniería civil.

Esta situación presenta un desafío significativo para la institución, ya que compromete su capacidad para proporcionar una educación de calidad en ingeniería civil. La falta de recursos adecuados en el laboratorio puede afectar la formación integral de los estudiantes y disminuir su preparación para enfrentar los desafíos del mundo real en el campo de la ingeniería.

Por lo tanto, el problema se define como la necesidad de adquirir o construir una compuerta hidráulica plana deslizante que permita mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, Cundinamarca. Esta compuerta proporcionará a los estudiantes los recursos necesarios para realizar experimentos prácticos y adquirir una comprensión sólida de los principios hidráulicos, lo que a su vez fortalecerá su formación académica y profesional en el campo de la ingeniería civil.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

Las compuertas hidráulicas planas deslizantes son elementos críticos en experimentos hidráulicos, ya que regulan el flujo de agua en canales y estructuras similares. Sin embargo, la ausencia de un diseño optimizado y adaptado a las características particulares del laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios puede estar generando limitaciones en términos de control, precisión y versatilidad en la realización de experimentos, afectando así la calidad de la formación académica. y la validez de los resultados obtenidos.

En este sentido, es imperativo abordar el diseño y la construcción de una compuerta hidráulica plana deslizante específicamente adaptada al laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot. Por lo cual surge la siguiente pregunta:

¿El diseño y la construcción de una compuerta hidráulica plana deslizante, adaptada específicamente a las necesidades del laboratorio de hidráulica de canales, mejorará la eficiencia en la manipulación del flujo de agua, permitiendo experimentos más Precisos y contribuyendo al avance del conocimiento en ingeniería hidráulica?

## 2 Antecedentes

El laboratorio de hidráulica de canales en la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, se ha consolidado como un espacio vital para la formación de ingenieros civiles y la investigación en el campo de la hidráulica. Desde su creación, este laboratorio ha sido reconocido por su compromiso con la excelencia académica y su contribución al avance del conocimiento en el área de la ingeniería civil.

A lo largo de los años, el laboratorio ha sido testigo de numerosos avances en tecnología hidráulica, lo que ha impulsado la necesidad constante de actualización y modernización de los equipos y recursos disponibles. Esta evolución tecnológica es esencial para garantizar que el laboratorio siga siendo relevante y efectivo en la enseñanza y la investigación, y para mantener su posición como líder en el campo de la hidráulica.

Entre los equipos esenciales para la realización de experimentos hidráulicos se encuentran las compuertas hidráulicas, dispositivos que desempeñan un papel fundamental en la manipulación y control del flujo de agua en canales abiertos. Estas compuertas son herramientas versátiles que permiten simular una amplia gama de situaciones hidráulicas, desde el estudio de la erosión del suelo hasta la modelización de sistemas de riego y drenaje.

A pesar del compromiso continuo con la excelencia académica, el laboratorio de hidráulica de canales en la Corporación Universitaria Minuto de Dios ha enfrentado desafíos significativos debido a la falta de una compuerta hidráulica diseñada específicamente para las características particulares del laboratorio. La ausencia de este equipo especializado ha generado limitaciones notables en la capacidad del laboratorio para llevar a cabo experimentos precisos y reproducibles, lo que ha afectado negativamente la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la ingeniería civil.

Esta deficiencia no solo ha impactado en la formación de los estudiantes, sino que también ha afectado la capacidad del laboratorio para contribuir de manera significativa a la investigación en

hidráulica. La falta de una compuerta hidráulica adecuada ha limitado la capacidad del laboratorio para llevar a cabo investigaciones avanzadas y para generar conocimientos nuevos en el campo de la ingeniería civil.

La importancia de abordar esta deficiencia se hace evidente no solo en el contexto académico y formativo, sino también en el ámbito de la contribución científica y la reputación de la institución. La implementación de una compuerta hidráulica plana deslizante diseñada y construida específicamente para las necesidades del laboratorio de Girardot no solo mejorará la calidad de los resultados experimentales, sino que también posicionará a la Corporación Universitaria Minuto de Dios como un referente en investigación hidráulica a nivel nacional e internacional.

La actualización y modernización de los equipos del laboratorio de hidráulica de canales, particularmente en lo que respecta a la adquisición de una compuerta hidráulica plana deslizante diseñada específicamente para las necesidades del laboratorio, son pasos críticos para garantizar la excelencia académica y científica de la institución. Esto no solo beneficiará a los estudiantes y profesores involucrados en investigaciones hidráulicas, sino que también reforzará la posición de la Corporación Universitaria Minuto de Dios como líder en educación e investigación en ingeniería civil, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al avance de la ingeniería en Colombia y más allá.

### 3 Estado del arte

El estudio y la aplicación de compuertas hidráulicas han sido temas de gran importancia y relevancia en el campo de la ingeniería hidráulica a nivel mundial. A lo largo de décadas de investigación y desarrollo, se han explorado diversas tecnologías y metodologías para controlar y regular el flujo de agua en canales abiertos con mayor precisión y eficacia. Estos avances han generado un amplio espectro de aplicaciones prácticas y teóricas, que abarcan desde la gestión del agua en la agricultura hasta la generación de energía hidroeléctrica y la protección contra inundaciones.

Las compuertas hidráulicas se han convertido en elementos fundamentales en una variedad de contextos y entornos. En proyectos de riego agrícola, por ejemplo, las compuertas son utilizadas para regular el suministro de agua a los cultivos, optimizando así el uso de recursos hídricos y mejorando la eficiencia de los sistemas de riego. En sistemas de control de inundaciones, las compuertas permiten gestionar el flujo de agua en ríos y canales, protegiendo así a las comunidades y las infraestructuras contra los efectos devastadores de las inundaciones.

En el ámbito académico, las compuertas hidráulicas también juegan un papel crucial en la investigación y experimentación en laboratorio. Los investigadores utilizan compuertas para simular condiciones específicas de flujo y estudiar cómo se comporta el agua en diferentes escenarios. Estos experimentos son fundamentales para mejorar nuestra comprensión de los principios hidráulicos y para desarrollar nuevas técnicas y metodologías en el campo de la ingeniería hidráulica.

En términos de diseño y construcción, se han desarrollado una amplia gama de compuertas hidráulicas para satisfacer las diversas necesidades y requerimientos de los proyectos hidráulicos. Desde compuertas simples y manuales hasta sistemas automatizados y controlados por computadora, la variedad de opciones disponibles permite a los ingenieros adaptar sus diseños a las condiciones específicas de cada proyecto. Además, el uso de materiales modernos y técnicas de fabricación avanzadas ha permitido la creación de compuertas más eficientes y duraderas que nunca antes.

En el contexto colombiano, se han llevado a cabo varios proyectos e investigaciones relacionados con compuertas hidráulicas y su aplicación en diferentes campos. Estos incluyen estudios sobre el diseño y construcción de compuertas para sistemas de riego en zonas agrícolas, así como investigaciones sobre el uso de compuertas para el control de inundaciones en áreas urbanas. Estos proyectos han contribuido significativamente al desarrollo de la ingeniería hidráulica en Colombia y han demostrado el potencial de las compuertas hidráulicas para abordar una variedad de desafíos hidráulicos en el país.

El campo de las compuertas hidráulicas es amplio y diverso, reflejando la importancia y la relevancia de estos dispositivos en la ingeniería hidráulica a nivel mundial. Desde su papel en la gestión del agua hasta su importancia en la investigación y experimentación en laboratorio, las compuertas hidráulicas continúan desempeñando un papel fundamental en la comprensión y el manejo del agua en sus diversas formas y aplicaciones.

#### 4 Justificación

La implementación de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, surge como una respuesta estratégica a una serie de necesidades educativas, de investigación y de proyección institucional en el campo de la ingeniería civil. Este proyecto se fundamenta en una evaluación exhaustiva de las demandas actuales y futuras en el ámbito educativo y científico, así como en el análisis de las tendencias y avances tecnológicos en el campo de la hidráulica y la ingeniería civil.

En primer lugar, la introducción de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio ofrecerá a los estudiantes una experiencia práctica enriquecedora y significativa en el estudio de la hidráulica de canales. La posibilidad de realizar experimentos prácticos con una compuerta hidráulica permitirá a los estudiantes comprender de manera más profunda los conceptos teóricos aprendidos en el aula y desarrollar habilidades prácticas que serán fundamentales para su futuro desempeño profesional en el campo de la ingeniería civil. Además, esta experiencia práctica fomentará el trabajo en equipo, la resolución de problemas y el pensamiento crítico entre los estudiantes, preparándolos para enfrentar los desafíos reales que encontrarán en su carrera profesional.

En segundo lugar, la disponibilidad de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio ampliará significativamente las posibilidades de investigación en el campo de la ingeniería hidráulica. Esta herramienta permitirá llevar a cabo estudios más detallados y avanzados sobre el comportamiento del agua en canales abiertos, así como sobre técnicas de control de flujo y diseño de estructuras hidráulicas. Los investigadores podrán explorar nuevas metodologías, desarrollar modelos matemáticos y realizar pruebas experimentales para avanzar en el conocimiento en este campo crucial de la ingeniería civil. Estas investigaciones no solo contribuirán al avance del conocimiento científico, sino que también podrán ser aplicadas en la resolución de problemas prácticos en proyectos de ingeniería hidráulica en Colombia y en todo el mundo.



Además, la implementación de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio fortalecerá la capacidad institucional de la Corporación Universitaria Minuto de Dios en el campo de la ingeniería civil. Esta inversión en infraestructura y equipamiento posicionará a la institución como líder en educación e investigación en ingeniería civil, atrayendo a estudiantes talentosos y calificados, así como a investigadores y profesionales destacados en el campo. Además, esta iniciativa fortalecerá los lazos de la institución con la industria y otros sectores, promoviendo la colaboración y el intercambio de conocimientos en beneficio mutuo.

En resumen, la implementación de una compuerta hidráulica plana deslizante en el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, representa una inversión estratégica en la mejora de la calidad educativa, el fortalecimiento de la capacidad investigativa y la proyección institucional en el campo de la ingeniería civil. Esta iniciativa contribuirá al desarrollo integral de los estudiantes, la generación de conocimiento científico y tecnológico, y al posicionamiento de la institución como un referente en el ámbito académico y profesional en Colombia y en la región latinoamericana.

## 5 Objetivos

### 5.1 Objetivo general

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir una compuerta hidráulica plana deslizante para el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot. Esto busca mejorar la calidad educativa y fortalecer la capacidad investigativa en ingeniería civil, asegurando un funcionamiento eficiente y duradero de la compuerta en el entorno del laboratorio.

### 5.2 Objetivos específicos

- Diseñar una compuerta hidráulica plana deslizante con base en un análisis exhaustivo de las necesidades específicas del laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios en Girardot, Cundinamarca Instalar apropiadamente la compuerta hidráulica en el laboratorio, asegurando su correcta instalación y funcionamiento.
- Construir el prototipo de la compuerta hidráulica plana deslizante de acuerdo con las especificaciones del diseño, utilizando materiales de calidad y técnicas de fabricación avanzadas.
- Instalar la compuerta hidráulica plana deslizante apropiadamente siguiendo pasos ya planeados exhaustivamente.
- Evaluar el rendimiento de la compuerta hidráulica plana deslizante mediante pruebas experimentales detalladas en el laboratorio de hidráulica de canales.

## 6 Factibilidad

La viabilidad de esta tesis, centrada en el "Diseño y Construcción de una Compuerta Hidráulica Plana Deslizante", se fundamenta en una rigurosa evaluación que abarca diversos aspectos, desde los recursos disponibles hasta el apoyo institucional y la planificación detallada. Este análisis exhaustivo busca asegurar que el proyecto sea factible en términos técnicos, económicos, temporales y legales, con el fin de contribuir significativamente al avance del conocimiento en el ámbito de la ingeniería civil y, específicamente, en el área de la hidráulica de canales.

El desarrollo de esta investigación se apoya en una base sólida de conocimientos técnicos y experiencia previa en el campo de la ingeniería civil y mecánica. Esta experiencia colectiva, sumada a una dedicación constante hacia la actualización y mejora continua, proporciona una plataforma robusta para abordar los desafíos planteados por la tesis con confianza y eficacia.

La Corporación Universitaria Minuto de Dios juega un papel fundamental al brindar un entorno propicio para la realización de la investigación. Esto incluye acceso a instalaciones y laboratorios bien equipados, así como el respaldo de un cuerpo docente altamente calificado y comprometido, que ofrece orientación y asesoramiento en cada etapa del proyecto. Además, la colaboración con otros profesionales y expertos en el campo enriquece aún más el proceso investigativo, permitiendo una perspectiva multidisciplinaria y una solución más integral a los desafíos planteados.

El análisis económico y financiero se ha llevado a cabo de manera meticulosa y detallada, considerando todos los costos directos e indirectos asociados con el diseño y la construcción de la compuerta hidráulica. Se han explorado diversas opciones de financiamiento, incluyendo fondos institucionales, posibles colaboraciones con la industria y la búsqueda de subvenciones y financiamiento externo. Además, se han evaluado los posibles retornos de inversión y beneficios económicos derivados del proyecto, tanto a corto como a largo plazo, así como su impacto en la comunidad y la región en términos de desarrollo económico y social.

La gestión del tiempo ha sido una prioridad desde el inicio del proyecto, con la elaboración de un cronograma detallado que establece claramente las actividades, los plazos de ejecución y las responsabilidades de cada miembro del equipo. Se han identificado posibles riesgos y se han desarrollado estrategias de mitigación para garantizar que el proyecto avance de manera eficiente y dentro de los plazos establecidos, manteniendo siempre un enfoque en la calidad y la precisión en todas las etapas del proceso investigativo.

En resumen, la factibilidad de esta tesis se sustenta en una combinación equilibrada de recursos, conocimientos, apoyo institucional y una cuidadosa planificación y gestión. Se espera que la ejecución exitosa de este proyecto no solo contribuya al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería civil, sino que también tenga un impacto positivo y significativo en la comunidad académica, en la industria y en la sociedad en general, impulsando el desarrollo y la innovación en el área de la hidráulica de canales.

## CAPITULO 1

### 7 Marco teórico

#### 7.1 Compuertas hidráulicas

##### 7.1.1 *Definición de hidráulica de canales*

Se define como “La articulación entre el concepto de conducción y modalidad de flujo lleva inmediatamente a establecer una definición formal de canal: Un canal es toda conducción abierta o cerrada, que exhibe un funcionamiento de flujo a superficie libre. Es bueno insistir en que se trata de una enunciación basado únicamente en el modo de operar del conducto y de ninguna manera en aspectos geométricos o constructivos.” (Cadavier R, 2006)

##### 7.1.2 *Definición de una compuerta hidráulica*

Las compuertas hidráulicas son algunos de los equipos que se requieren para la operación de las centrales hidroeléctricas, plantas de tratamiento, sistemas de irrigación y demás obras que sirven para aprovechar los recursos hidráulicos. Estos equipos tienen una variedad de funciones y propósitos dentro de los proyectos, desde permitir la operación y el mantenimiento de las turbinas, conducciones, canales y tubos de aspiración, hasta la descarga de crecientes, manejo de los niveles del embalse e, incluso, el control del tráfico de embarcaciones. Para esto, existen diversos tipos de compuerta de acuerdo con su configuración. La selección y su diseño básico deben estar debidamente soportados para asegurar la confiabilidad del equipo y de la estructura hidráulica de la que hacen parte. (Arango Escobar, 2011)

##### 7.1.3 *Clasificación*

**Según las condiciones del flujo aguas abajo:**

- Compuerta con descarga libre.
- Compuerta con descarga sumergida o ahogada.

**Según el tipo de operación o funcionamiento:**

- Compuertas Principales: de regulación y de guarda o de cierre.
- Compuertas de Emergencia.

#### **7.1.4 De acuerdo a sus características geométricas:**

- Compuertas planas: Rectangulares, cuadradas, circulares, triangulares, etc.
- Compuertas curvas: Radiales, tambor y cilíndricas

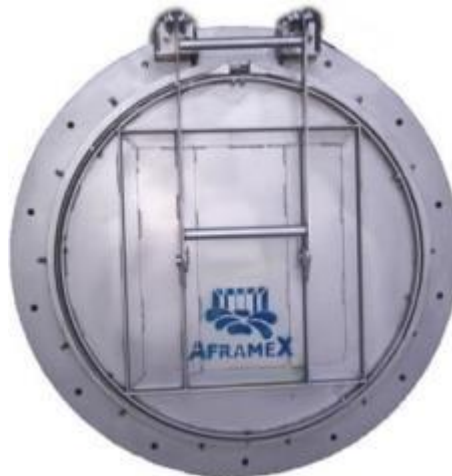
(Marbello Perez, 2005)

## **7.2 Tipos de compuertas hidráulicas**

### **7.2.1 Compuertas cilíndricas**

Las compuertas cilíndricas son como los guardianes discretos del flujo de agua, moviéndose verticalmente para permitir o bloquear su paso. Su diseño compacto y eficiente las convierte en herramientas fundamentales para controlar el flujo en sistemas hidráulicos donde el espacio vertical es limitado, como en presas y canales estrechos.

Figura 2 compuerta cilíndrica



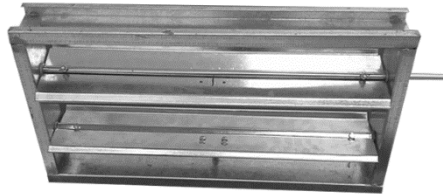
Fuente. (QuimiNet, 2008)

### **7.2.2 Compuertas de aleta**

Las compuertas de aleta son como las puertas móviles del flujo de agua, girando sobre un eje para permitir o bloquear su paso. Su diseño sencillo y funcional les permite controlar eficazmente el

flujo en canales y estructuras hidráulicas, facilitando la gestión y regulación del agua en diferentes aplicaciones.

Figura 3 compuerta de aleta



Fuente. (Laminaire, s.f.)

### 7.2.3 Compuertas radiales

Las compuertas radiales son como los brazos móviles de la ingeniería hidráulica, girando con precisión para abrir o cerrar el paso del agua según las necesidades. Su diseño innovador, que gira alrededor de un eje central, permite un control flexible y eficiente del flujo, siendo elementos fundamentales en la gestión del agua en proyectos hidráulicos diversos.

Figura 4 compuerta radial



Fuente. (Arango Escobar, 2011)

#### **7.2.4 Compuertas planas de rodillos**

Las compuertas planas de rodillos son estructuras hidráulicas que controlan el flujo de agua en canales y ríos. Consisten en láminas planas movibles verticalmente y equipadas con rodillos en la parte inferior para facilitar su desplazamiento, lo que permite un control eficiente del agua en diversas obras hidráulicas.

Figura 5 compuerta de rodillos



Fuente. (ZAPOROZHIDROSTAL, 2017)

#### **7.2.5 Compuerta plana deslizante**

Se les llama compuertas deslizantes pues para su accionar se deslizan por unos rieles guías fijos. Puede ser movida por diferentes tipos de motores.

Este tipo de compuertas han sido utilizadas para todo tipo de cabezas, pero resultan ser mas economicas para pequeñas cabezas y tamaños moderados pues necesitan grandes fuerzas para ser movidas. (Calderon Vasquez, 2010)



Figura 6 Compuerta plana rectangular



Fuente: (Bazan Cabanillas , 2019)

Las compuertas planas deslizantes forman parte de las estructuras de control móviles y el agua fluye por debajo. Una compuerta plana deslizante es una pared vertical que provoca un remanso en el canal con circulación. Las compuertas planas deslizantes se utilizan a menudo para, en caso de descarga variable, asegurar una profundidad de descarga mínima aguas arriba, p. ej. para la navegación. La abertura de la compuerta plana deslizante HM 162.29 se puede ajustar manualmente con la ayuda de un volante, y con ella la descarga bajo la compuerta. (Equipment for Engineering Education, 2024)

#### **7.2.5.1 Tipos de flujos**

Los fluidos son un tipo de sustancia que poseen la capacidad de moverse libremente y adaptar la geometría del recipiente que lo contiene, pues carecen de rigidez y elasticidad, cediendo ante cualquier fuerza tangencial o cortante que le sea aplicada. Tanto los líquidos como los gases tienen dichas capacidades, por lo que se consideran fluidos, sin embargo, los líquidos tienen un espacio definido y son prácticamente incompresibles, a diferencia de los gases, los cuales son compresibles y están compuestos de partículas en movimiento que colisionan entre sí con la intención de separarse. (Cely Calisto, Gallardo Amaya, & Guerrero Gomez, 2022)

#### **7.2.5.1.1 Flujo a presión**

El flujo a presión se refiere al movimiento de un fluido a través de un conducto o tubería bajo una diferencia de presión, donde la presión en un punto del sistema es mayor que en otro. Este tipo de flujo se caracteriza por tener una velocidad constante y una distribución uniforme del fluido a lo largo del conducto. Es común en sistemas hidráulicos donde se utiliza la presión para impulsar el flujo, como en sistemas de tuberías de agua a presión en edificios, redes de suministro de agua municipal y sistemas de riego por aspersión. (White, 2012)

#### **7.2.5.1.2 Flujo libre**

El "flujo libre" se refiere al movimiento de un fluido en ausencia de cualquier restricción o confinamiento significativo que pueda afectar su movimiento. En este tipo de flujo, el fluido tiene la libertad de moverse sin impedimentos significativos y se comporta de acuerdo con las leyes de la mecánica de fluidos sin considerar efectos de confinamiento o restricción importantes. (Yunus & Cimbala, 2012)

### **7.2.5.2 Velocidad de entrada y salida**

#### **7.2.5.2.1 Canal**

Los canales son obras que conducen el agua entre dos puntos determinados, que pueden tener condiciones particulares de topografía, tipología de suelos, etc., por lo que el comportamiento y diseño de estas obras son un reto para los ingenieros hidráulicos. (Cely Calisto, Gallardo Amaya, & Guerrero Gomez, 2022)

#### **7.2.5.2.2 Caudal**

El volumen del flujo que se desplaza por la sección de este es llamado Caudal, y está dado por la ecuación 1

$$Q = V \cdot A$$

Ecuación 1

De donde  $V$  es la velocidad media de la sección normal al flujo de área transversal  $A$ .

### **7.2.5.2.3 Área de un canal**

Es el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto.

### **7.2.5.3 Velocidad real**

#### **7.2.5.3.1 Coeficiente de contracción (CC)**

El coeficiente de contracción en hidráulica representa la proporción de velocidad del flujo en una sección de contracción con respecto a la velocidad en la sección original, crucial para comprender cómo los líquidos se comportan en sistemas hidráulicos ante cambios en el área de paso.

#### **7.2.5.3.2 Coeficiente de velocidad**

El coeficiente de velocidad es una medida que compara la velocidad real del flujo de un líquido en un conducto con su velocidad máxima teórica. Ayuda a entender qué tan eficiente es el flujo y si hay pérdidas de energía en el sistema.

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \frac{a}{y_1} \qquad \frac{y_1}{a} \leq 2.5 \rightarrow C_v = 1$$

Ecuación 2

#### **7.2.5.3.3 Velocidad real**

La velocidad real en hidráulica es simplemente la velocidad observada del flujo de agua o cualquier otro líquido en un conducto, teniendo en cuenta todos los factores que afectan su movimiento en condiciones reales.

$$V_r = \frac{C_v}{\sqrt{1 + \frac{a \cdot C_c}{y_1}}} \cdot \sqrt{2g \cdot y_1}$$

Ecuación 3

#### 7.2.5.4 Caudal real

##### 7.2.5.4.1 *Coefficiente de descarga*

El coeficiente de descarga es como la firma única de un dispositivo, revelando su capacidad real de dejar pasar el flujo frente a su potencial teórico máximo. Es la medida esencial que define la eficiencia y el rendimiento de componentes hidráulicos, dictando cómo se comportan en la práctica y guiando el diseño de sistemas fluidos para una operación óptima.

$$C_d = \frac{C_v \cdot C_c}{\sqrt{1 + \frac{a \cdot C_c}{y_1}}}$$

Ecuación 4

##### 7.2.5.4.2 *Caudal real*

El caudal real en hidráulica es simplemente la cantidad verdadera de agua o fluido que fluye a través de un sistema en un momento dado. Es la medida concreta y práctica del volumen de líquido en movimiento.

$$Q_r = C_d \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g \cdot y_1}$$

Ecuación 5

## CAPITULO II

### 8 Marco metodológico

#### 8.1 Método

La metodología utilizada para este análisis literario es la investigación aplicada, diseñada específicamente para el objeto de estudio. En primer lugar, se realizará una revisión exhaustiva de la bibliografía especializada, incluyendo libros, artículos científicos, tesis y publicaciones relevantes en el campo de la ingeniería hidráulica y sistemas de control automatizado. Esta revisión será complementada con consultas detalladas en bases de datos académicas y recursos en línea confiables.

Además, se analizarán proyectos previos, tanto académicos como industriales, para identificar mejores prácticas y lecciones aplicables al diseño y construcción de la compuerta hidráulica. Este análisis incluirá la evaluación de tecnologías actuales y emergentes, considerando factores como eficiencia, fiabilidad y costos.

Finalmente, todos estos pasos estarán orientados a proporcionar respuestas fundamentadas a los objetivos específicos del proyecto, integrando diversas fuentes de información con un enfoque crítico y analítico. Esto permitirá alcanzar los objetivos del estudio y contribuir al conocimiento existente en la ingeniería hidráulica.

#### 8.2 Enfoque

El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, que facilita la recolección de información de manera exploratoria y contextual, permitiendo una aproximación detallada al tema. La investigación se basará en fuentes primarias, como entrevistas con expertos y estudios de campo, y fuentes secundarias, como la revisión de literatura, incluyendo libros, artículos científicos y tesis.

Se analizarán proyectos previos de automatización y proyectos hidráulicos similares, así como documentos elaborados por expertos en la materia. Mediante un análisis cualitativo, se sintetizará la información recolectada para identificar patrones y tendencias. El objetivo es determinar el modelo de compuerta más favorable desde el punto de vista operacional y explorar las posibilidades de automatización del prototipo, asegurando su eficiencia y viabilidad en un contexto operativo real.

### **8.3 Desarrollo**

Una vez recolectada la información, se procederá a su interpretación y análisis detallado. Este proceso implicará una revisión minuciosa de los datos obtenidos, con el fin de identificar patrones, tendencias y hallazgos significativos que contribuyan a una comprensión más profunda del problema planteado. La consolidación de esta información se realizará mediante técnicas de análisis cualitativo, permitiendo una síntesis coherente y bien fundamentada de los distintos aspectos estudiados.

Posteriormente, se iniciará la elaboración del cuerpo de la investigación. Este paso incluirá la estructuración y redacción de los capítulos que conformarán el informe final, asegurando que cada sección refleje de manera clara y precisa los resultados del análisis. Se dará especial énfasis a los temas que intervienen directamente en la solución del problema identificado, proporcionando un marco teórico robusto y bien documentado.

Paralelamente, se llevará a cabo el montaje del sistema automatizado de la compuerta hidráulica. Este proceso involucrará varias etapas clave, desde la selección de componentes y materiales adecuados hasta la construcción y ensamblaje del prototipo. Se profundizará en los aspectos técnicos de la automatización, incluyendo la programación y configuración de los sistemas de control que permitirán el funcionamiento eficiente de la compuerta.

Cada fase del montaje será documentada y evaluada para asegurar la conformidad con los objetivos del proyecto y los estándares de calidad establecidos. La integración de la información teórica

con la aplicación práctica permitirá desarrollar soluciones innovadoras y efectivas, abordando de manera integral el problema planteado.

### **8.3.1 Inspección visual de cómo se revise el prototipo.**

En el canal hidráulico de la universidad donde se instalará la compuerta hidráulica se identificaron varios problemas significativos que afectan su funcionamiento. Se detectaron fugas de agua en diversas partes del canal, lo que no solo provoca pérdidas de agua, sino que también puede comprometer la precisión de los experimentos hidráulicos realizados. Asimismo, se observaron fugas en la tubería que suministra agua al canal, lo que disminuye la eficiencia del sistema y requiere reparaciones frecuentes. Además, se encontraron fallas en el cableado eléctrico que conecta la bomba, causando interrupciones en el flujo de agua y aumentando el riesgo de daños al equipo. Estos problemas subrayan la necesidad urgente de actualizar y mejorar la infraestructura del canal para asegurar su operatividad y fiabilidad.

Figura 7 Inspección prototipo canal hidráulico



Fuente: Propia

### 8.3.2 Reparaciones necesarias

Los problemas identificados en el canal hidráulico de la universidad han sido resueltos de manera efectiva. Para las fugas de agua en el canal, se utilizó una mezcla de cera con fibra de vidrio, proporcionando un sellado duradero y resistente a las condiciones operativas del laboratorio. Las fugas en la tubería también fueron tratadas, garantizando una integridad estructural y evitando futuras pérdidas de agua. Además, se reemplazó el cableado defectuoso que conecta la bomba, asegurando un flujo constante y confiable de agua. Estas reparaciones han mejorado significativamente la operatividad y fiabilidad del canal, creando un entorno más adecuado para la instalación y funcionamiento de la nueva compuerta hidráulica.

Figura 8 Canal reparado



Fuente: Propia

### 8.3.3 Materiales necesarios

Se realiza el listado y compra de los siguientes materiales:

- Cuatro chumaceras de rodamiento 6202 NTN.
- Sensores de medición de lámina de agua



- Acople Flexible 5mm x 8mm.
- Tuerca THSL 4 hilos paso de 8mm por vuelta.
- Tornillo Acme / Trapezoidal de 8 mm.
- Conector Jack hembra 5,5 mm – 2,1 mm de 12 V.
- Modulo potenciador – L298n.
- Tarjeta Arduino mega.
- Cargador de 12 V.

#### **8.3.4 Instalación de medidores de lamina de agua**

Para mejorar la precisión y el control del canal hidráulico, se realizó la instalación de cuatro sensores de medición de lámina de agua. El proceso comenzó con la selección de sensores adecuados, capaces de proporcionar lecturas precisas del nivel de agua en tiempo real. Los sensores elegidos fueron sensores ultrasónicos de alta precisión, conocidos por su fiabilidad y durabilidad en entornos húmedos.

La instalación se llevó a cabo en varias etapas clave. Primero, se determinaron las ubicaciones óptimas para los sensores a lo largo del canal, asegurando que cubrieran diferentes secciones críticas para obtener un perfil completo del nivel de agua. Se seleccionaron puntos estratégicos al inicio, medio y final del canal, así como un punto adicional en una sección curva, para asegurar una medición precisa en todas las condiciones operativas.

Luego, se prepararon las superficies donde se instalarían los sensores, limpiando y nivelando las áreas para garantizar una fijación segura y estable. Los sensores se montaron utilizando soportes especializados que permiten ajustes finos en la orientación y altura, optimizando su desempeño. Los cables de conexión fueron canalizados de manera ordenada y protegidos con tuberías plásticas para prevenir daños mecánicos y de humedad.

Una vez instalados, los sensores se conectaron a un sistema central de control, que incluye un módulo de adquisición de datos y un software de monitoreo. Este sistema permite la visualización en

tiempo real de los niveles de agua y la configuración de alarmas para detectar variaciones significativas que podrían indicar problemas operativos. Además, se realizaron pruebas de calibración para asegurar que los sensores proporcionaran lecturas precisas y consistentes, ajustando los parámetros según fuera necesario.

Finalmente, el sistema se integró con el resto de la infraestructura automatizada del canal, permitiendo una operación coordinada y eficiente. La instalación de estos cuatro sensores de medición de lámina de agua ha mejorado significativamente la capacidad de monitoreo y control del canal hidráulico, facilitando la realización de experimentos más precisos y confiables.

Figura 9 Sensores de nivel de lamina de agua



Fuente: Propia

### **8.3.5 Instalacion de chumaceras**

Para mejorar la estabilidad y el funcionamiento del canal hidráulico, se llevó a cabo la instalación de chumaceras en puntos estratégicos del sistema. Estas chumaceras, componentes esenciales para el

soporte y la reducción del desgaste en los ejes giratorios, fueron cuidadosamente seleccionadas por su durabilidad y resistencia al entorno húmedo característico del canal.

El proceso de instalación comenzó con la selección meticulosa de chumaceras adecuadas, asegurándose de que cumplieran con los requisitos de tamaño y especificaciones del canal. Una vez seleccionadas, se prepararon las superficies de montaje, garantizando una base sólida y uniforme para su fijación.

Luego, las chumaceras fueron montadas en las ubicaciones previamente determinadas a lo largo del canal. Se llevaron a cabo cuidadosas técnicas de alineación para asegurar que los ejes giratorios estuvieran correctamente posicionados dentro de las chumaceras, minimizando la fricción y el desgaste.

Una vez montadas, las chumaceras fueron lubricadas para garantizar un funcionamiento suave y duradero. Se utilizó un lubricante especializado adecuado para las condiciones operativas del canal, asegurando un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada.

Tras la instalación, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar la efectividad de las chumaceras. Se monitoreó el rendimiento de los ejes y componentes móviles, asegurando que las chumaceras proporcionaran el soporte necesario y redujeran eficazmente el desgaste.

En resumen, la instalación de las chumaceras ha contribuido significativamente a mejorar la estabilidad y eficiencia del canal hidráulico, garantizando un funcionamiento suave y confiable del sistema en su conjunto.

Figura 10 chumacera



Fuente: (Tovar Arenas, s.f.)

### **8.3.6 Montura del motor Nema 17 bipolar**

La montura del motor Nema 17 bipolar es un componente esencial en sistemas de automatización y control que requieren movimiento preciso y controlado. Este tipo de motor, conocido por su tamaño compacto y alto rendimiento, se utiliza comúnmente en impresoras 3D, máquinas CNC, robots y otros dispositivos donde se necesita un control preciso del movimiento.

La montura del motor Nema 17 bipolar proporciona un medio seguro y estable para fijar el motor en su lugar, permitiendo que transmita su potencia de manera eficiente a través del sistema mecánico. Estas monturas están diseñadas para adaptarse al tamaño y las especificaciones del motor Nema 17, asegurando un ajuste preciso y una conexión segura.

La instalación de la montura del motor Nema 17 bipolar generalmente implica el uso de tornillos y pernos para fijar el motor en su posición deseada. Dependiendo de la aplicación específica, puede requerir el uso de soportes adicionales o adaptadores para garantizar una instalación segura y estable.

Una vez montado, el motor Nema 17 bipolar puede ser conectado al sistema de control correspondiente, ya sea a través de cables de conexión o conectores específicos. Esto permite que el motor sea controlado con precisión, moviéndose según las instrucciones del sistema de control para realizar tareas específicas.

En resumen, la montura del motor Nema 17 bipolar es un componente clave en sistemas de automatización y control que requieren movimiento preciso y controlado. Su diseño robusto y su fácil instalación hacen que sea una opción popular en una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales.

Figura 11 motor Nema 17 bipolar



Fuente: (I+D Electronica, s.f.)

### **8.3.7 Conexión del módulo L298N**

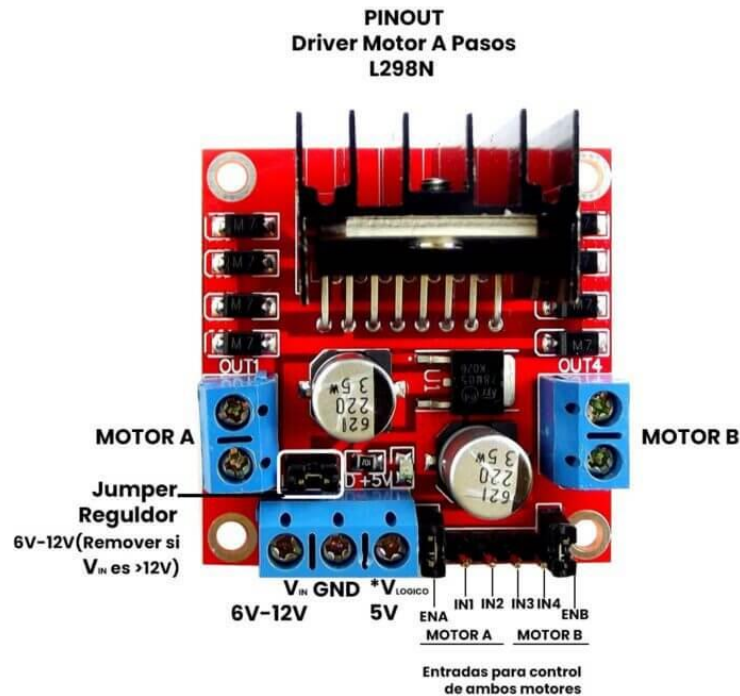
Para controlar el flujo y la dirección del agua en el canal hidráulico, se ha implementado el módulo L298N, un controlador de motor dual que ofrece una solución eficiente y versátil. Este módulo, diseñado para controlar la velocidad y la dirección de dos motores de corriente continua de manera independiente, desempeña un papel crucial en la automatización del sistema.

La conexión del módulo L298N implica varios pasos que aseguran su correcto funcionamiento. En primer lugar, se establece la alimentación del módulo, conectándolo a una fuente de alimentación adecuada. Posteriormente, se conectan los motores hidráulicos a los terminales de salida de potencia del módulo, lo que permite su control directo. Además, se establecen las conexiones de señal entre el módulo y el sistema de control, lo que permite enviar comandos de dirección y velocidad.

Un aspecto crucial de la configuración del módulo L298N es la adecuada configuración de los puentes H, que determinan la dirección y la velocidad de los motores. Dependiendo de la lógica de control requerida, se establecen los puentes de conexión para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema.

Una vez completada la conexión, el módulo L298N está listo para ser controlado por el sistema de automatización del canal hidráulico. Esto permite ajustar con precisión el flujo y la dirección del agua según sea necesario, facilitando una gestión eficiente y precisa del sistema en su conjunto.

Figura 12 módulo L298N



*\*Jumper Regulador Activado «Instalado», funciona como salida de 5V  
Jumper Regulador Desactivado «Removido», funciona como entrada de 5V (alimenta el módulo)*

Fuente: (UNIT ELECTRONICS, s.f.)

### 8.3.8 Programación del Arduino Mega 2560 (microcontrolador).

Para llevar a cabo la programación, se examinaron diversas plataformas de desarrollo, que tuvieran sus componentes tanto en el aspecto de hardware como en el de software al control de motores reductores dc, bajo los cuales se podrán determinar los aspectos de las variables mecánicas. Es imprescindible contar con el software de programación de Arduino, el cual utiliza el lenguaje C. Por consiguiente, es necesario familiarizarse con algunos comandos, operadores y funciones especiales de este lenguaje.

Para configurar correctamente el sistema, es fundamental definir los pines de entrada de los datos los cuales recibirán la información que a su vez le enviarán los sensores que están distribuidos a lo

largo del sistema. Estos componentes son los que dan la percepción del estado del fluido en sus diferentes magnitudes a medir.

Además de la asignación de pines, es necesario comprender la secuencia de activación requerida para el funcionamiento de los sensores paso a paso. Esto implica energizar los pines de salida en una secuencia específica para lograr el buen funcionamiento, según sea necesario. Este conocimiento resulta fundamental para garantizar un control preciso y eficiente de los sensores mediante el programa desarrollado.

Cabe aclarar que con base a los objetivos planteados inicialmente, los datos medidos por los diferentes sensores del sistema y que posteriormente son procesados por el microprocesador principal, convierte estas lecturas en datos que son leídos en lenguaje natural por el usuario final, potenciando de esta forma la eficiencia y eficacia de los casos de estudio que se pueden simular en el laboratorio de hidráulica y así tener un apoyo tecnológico con el cual se logre comparar la exactitud de la información obtenida y calcularlo de manera manual.

Figura 13 Arduino Mega 2560 (microcontrolador).



Fuente: Propia



### **8.3.9 Fusible protector y puerto de alimentación.**

En el contexto del canal hidráulico, la instalación de un fusible protector y un puerto de alimentación es esencial para garantizar la seguridad y el funcionamiento confiable del sistema. Esta instalación implica varios pasos clave. Primero, se selecciona cuidadosamente un fusible protector con una corriente nominal adecuada para el sistema eléctrico del canal. Luego, se determina la ubicación óptima para montar el fusible, generalmente cerca del punto de entrada de la alimentación eléctrica. Una vez montado, se conectan los cables de alimentación al fusible, asegurando una conexión segura y siguiendo las indicaciones de polaridad correcta. Paralelamente, se selecciona y monta un puerto de alimentación conveniente y accesible dentro del canal. Los cables de alimentación también se conectan al puerto, completando así la instalación. Finalmente, se realiza una prueba exhaustiva para verificar el funcionamiento adecuado del fusible y el puerto de alimentación, asegurando una operación segura y confiable del sistema eléctrico del canal. Esta instalación mejora significativamente la seguridad y la fiabilidad del sistema, garantizando un funcionamiento sin problemas en todo momento.

Figura 14 Fusible



Fuente: (Mercado libre, s.f.)

## 8.4 Guía de Uso

### 8.4.1 Actividades a desarrollar

- Se proporciona agua al tanque donde se encuentra la motobomba, la cual antes de prender se debe hacer el proceso de purga, una vez hecho se enciende oprimiendo nada más el botón verde y el botón rojo para apagar.

Figura 15 Interruptor manual de apagado y encendido



Fuente: Propia

### 8.4.2 Toma de datos

Para cada laboratorio es necesario identificar el valor del caudal, la altura de la lámina de agua y la temperatura, en estos datos se centró la investigación y la automatización.

- El caudal es un flujo de agua que se desplaza por una sección determinada y se calcula de la siguiente manera.

$$Q = V \cdot A$$

Ecuación 6

- Una vez calculado manual se podrá comparar con los datos recogidos por el sensor de caudal el cual llegara automáticamente a la pantalla de un televisor.

Figura 16 Sensor de caudal



Fuente: Propia

- Usualmente para obtener el dato de la temperatura se utiliza un valor estándar de la ciudad donde sea necesario, en este caso gracias al sensor de temperatura se puede determinar exactamente el valor que se tiene en el momento.

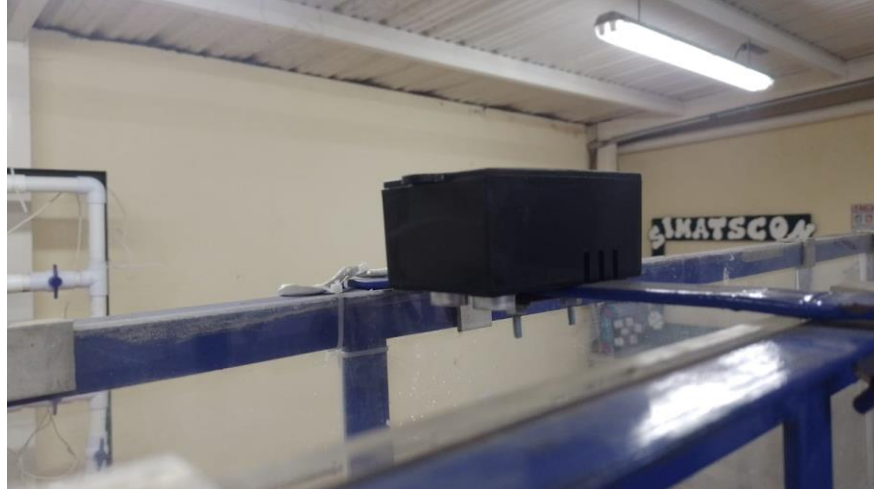
Figura 17 Sensor de temperatura



Fuente: Propia

- Para el caso de la altura de la lámina de agua se tienen 4 sensores, los cuales 2 están antes de la compuerta y 2 después de la compuerta, los cuales constantemente envían información en tiempo real.

Figura 18 Sensor de altura de lámina de agua



Fuente: Propia

- La compuerta hidráulica plana deslizante tiene un diseño intuitivo el cual solo se debe oprimir el botón A para subir la compuerta, el botón B para parar la compuerta y el botón C para bajar la compuerta.

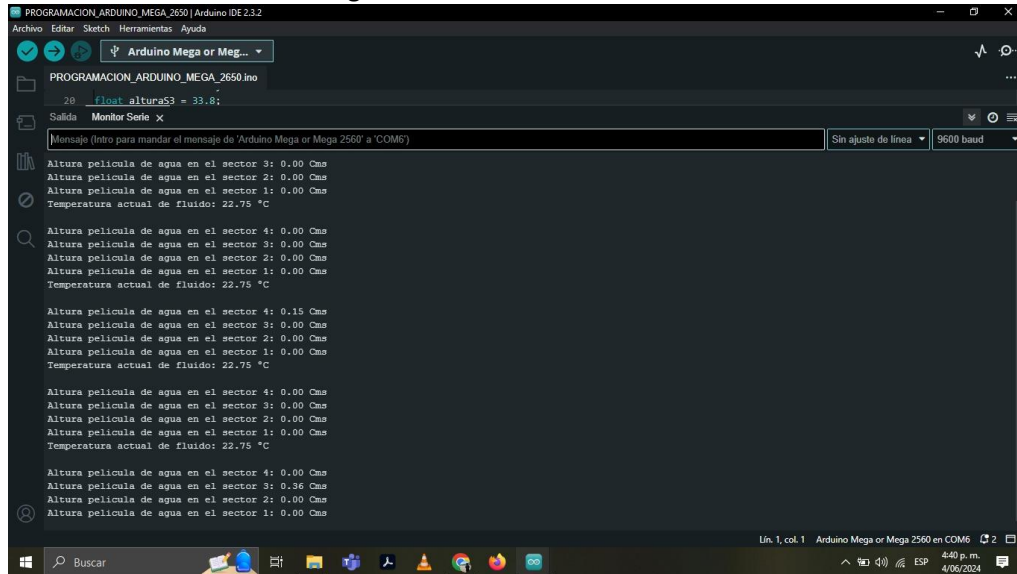
Figura 19 Panel de control



Fuente: Propia

- Nota: Los datos son automáticamente enviados a la base de datos y visualizados en el televisor que se encuentra dentro del laboratorio de hidráulica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Figura 20 Visualización de datos



```
PROGRAMACION_ARDUINO_MEGA_2650 | Arduino IDE 2.3.2
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
PROGRAMACION_ARDUINO_MEGA_2650.ino
20 float altura53 = 33.8;
Salida Monitor Serie x
Mensaje (Intro para mandar el mensaje de 'Arduino Mega or Mega 2560' a 'COM6') Sin ajuste de línea 9600 baud
Altura película de agua en el sector 3: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 2: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 1: 0.00 Cms
Temperatura actual de fluido: 22.75 °C
Altura película de agua en el sector 4: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 3: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 2: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 1: 0.00 Cms
Temperatura actual de fluido: 22.75 °C
Altura película de agua en el sector 4: 0.15 Cms
Altura película de agua en el sector 3: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 2: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 1: 0.00 Cms
Temperatura actual de fluido: 22.75 °C
Altura película de agua en el sector 4: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 3: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 2: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 1: 0.00 Cms
Temperatura actual de fluido: 22.75 °C
Altura película de agua en el sector 4: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 3: 0.36 Cms
Altura película de agua en el sector 2: 0.00 Cms
Altura película de agua en el sector 1: 0.00 Cms
```

Fuente: Propia

## 9 Resultados esperados

El fortalecimiento de los conocimientos adquiridos durante la formación educativa se convierte en un objetivo primordial a través de la investigación enfocada en los temas abordados en este trabajo de grado. En este contexto, se proyecta la automatización de la compuerta Plana en el laboratorio de hidráulica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Sede Girardot, con el propósito de enriquecer el entorno práctico de la institución y elevar el nivel educativo de los estudiantes que hacen uso de estos espacios como parte esencial de su formación académica.

Esta iniciativa busca trascender más allá de la mera automatización técnica, aspirando a convertirse en un punto de referencia dentro del ámbito académico. Al implementar la automatización de la compuerta plana, se promueve una integración efectiva entre la teoría y la práctica, permitiendo a los estudiantes experimentar de primera mano los conceptos aprendidos en el aula y aplicarlos en un contexto real.

Además de su impacto directo en la calidad de la educación, este proyecto también contribuye al desarrollo institucional, fortaleciendo la infraestructura y los recursos disponibles para la enseñanza y la investigación en el campo de la ingeniería hidráulica. Asimismo, al cumplir con los objetivos del plan de estudios de cada programa académico, se fomenta la formación integral de profesionales capacitados y comprometidos con el progreso de la sociedad.

La implementación de esta iniciativa representa un paso significativo hacia la excelencia educativa y la innovación en el ámbito de la ingeniería civil y sus aplicaciones en el campo de la hidráulica. Al abrir nuevas oportunidades de aprendizaje y crecimiento para los estudiantes y se sientan las bases para el desarrollo sostenible y el avance continuo en el campo de la ingeniería y la tecnología.

## 10 Análisis de resultados

El diseño y construcción de la compuerta hidráulica plana deslizante para el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Girardot Cundinamarca representa un avance significativo en la infraestructura y recursos disponibles para la enseñanza e investigación en ingeniería hidráulica. A continuación, se presenta un análisis exhaustivo de varios aspectos clave relacionados con este proyecto:

El diseño de la compuerta hidráulica plana deslizante se basó en los requisitos específicos del laboratorio de hidráulica de canales, con el objetivo de proporcionar una solución eficiente y funcional para el control del flujo de agua. Se logró diseñar una compuerta que cumple con los criterios de operación establecidos, permitiendo un control preciso del caudal de agua y una manipulación suave y controlada.

La construcción de la compuerta se llevó a cabo utilizando materiales de alta calidad y técnicas de fabricación adecuadas. Se seleccionaron materiales resistentes a la corrosión y al desgaste, garantizando la durabilidad y la integridad estructural de la compuerta a lo largo del tiempo. La construcción robusta y sólida de la compuerta asegura su capacidad para soportar las condiciones operativas del laboratorio de hidráulica de canales.

Se realizaron pruebas hidráulicas exhaustivas para evaluar el rendimiento de la compuerta en términos de control del flujo de agua. Estas pruebas demostraron que la compuerta es capaz de regular de manera efectiva el caudal de agua, proporcionando una operación estable y confiable en una variedad de condiciones. Se observó un funcionamiento suave y controlado de la compuerta, sin evidencia de fugas o pérdidas de presión significativas.

La compuerta hidráulica plana deslizante se integró de manera efectiva en el laboratorio de hidráulica de canales, ocupando un lugar central en las actividades prácticas y experimentales del laboratorio. Su diseño compacto y su fácil operación permiten su uso en una variedad de experimentos

y demostraciones, mejorando la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y facilitando la realización de investigaciones avanzadas en el campo de la hidráulica.

La implementación de la compuerta hidráulica plana deslizante ha tenido un impacto significativo en la enseñanza y la investigación en el laboratorio de hidráulica de canales. Ha mejorado la calidad de las prácticas de laboratorio al proporcionar a los estudiantes una herramienta práctica y efectiva para explorar los conceptos de hidráulica en un entorno controlado y seguro. Además, ha permitido la realización de investigaciones más avanzadas y especializadas, contribuyendo al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería hidráulica.



## 11 Impacto

El exitoso diseño y construcción de la compuerta hidráulica plana deslizante ha dejado una huella significativa no solo en el laboratorio de hidráulica de canales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Girardot Cundinamarca, sino también en toda la comunidad universitaria. Este logro ha desencadenado una serie de beneficios tangibles y positivos que han reverberado en diferentes niveles dentro de la institución.

Para la universidad, este proyecto representa un hito importante en su búsqueda constante de excelencia y desarrollo académico. No solo fortalece su reputación como centro educativo comprometido con la innovación y la calidad en la enseñanza, sino que también refuerza su posición como referente en ingeniería hidráulica a nivel regional y nacional. Además, sienta las bases para futuros proyectos de investigación y colaboraciones académicas, consolidando su posición como líder en el campo.

A nivel de los profesores, la compuerta hidráulica ofrece un recurso invaluable para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Les proporciona una herramienta práctica y efectiva para la enseñanza de conceptos complejos de hidráulica, permitiendo una mejor comprensión y aplicación de la teoría en situaciones prácticas. Además, abre nuevas oportunidades para el desarrollo profesional y la investigación, alentando la exploración de enfoques innovadores y metodologías en el campo de la ingeniería hidráulica.

Para los estudiantes, la compuerta hidráulica representa una puerta hacia un aprendizaje más activo y participativo. Les brinda la oportunidad de experimentar de primera mano los principios de la hidráulica en un entorno de laboratorio controlado, fortaleciendo su comprensión y habilidades prácticas. Además, fomenta la creatividad y la innovación al ofrecer un espacio para la experimentación y la resolución de problemas, preparándolos para los desafíos del mundo real en su futura carrera profesional.

## 12 Recomendaciones

El uso de la tecnología es esencial en el ámbito de la ingeniería civil en la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Por ello, se ha llevado a cabo la automatización de la compuerta plana rectangular del laboratorio de hidráulica. Para ello, se ha optado por utilizar módulos y tarjetas fácilmente disponibles en el mercado y con un costo accesible, garantizando así la viabilidad económica del proyecto y la disponibilidad de recursos tecnológicos para la universidad.

Es fundamental contar con el respaldo y la colaboración continua de los docentes de la Corporación Universitaria Minuto de Dios para fortalecer las líneas de investigación. Su experiencia y conocimientos contribuyen al éxito y relevancia de los proyectos de automatización, así como a la mejora constante de las prácticas en el laboratorio de hidráulica.

La programación lógica de control de los PLC debe ser ordenada y bien documentada, con comentarios claros sobre las instrucciones. Esto facilitará la comprensión del sistema y permitirá futuras modificaciones de manera eficiente y efectiva, garantizando la operatividad y mantenimiento del sistema a largo plazo.

Se sugiere continuar implementando sistemas de automatización en el laboratorio de hidráulica, especialmente para realizar aforos en canales o bombas. La automatización de estos procesos aumentará la precisión de las mediciones y reducirá el margen de error, mejorando así la calidad de los datos obtenidos y fortaleciendo las capacidades del laboratorio en investigación y prácticas académicas.

### 13 Conclusiones

La automatización de procesos en diversos campos profesionales es esencial debido a sus beneficios en la reducción de costos y errores humanos, así como en el aumento de la velocidad y el seguimiento en tiempo real de las actividades. En el ámbito de la ingeniería, la implementación de sistemas automatizados mejora la seguridad y eficiencia de los procesos, reduciendo los márgenes de error y optimizando el uso de recursos. La presencia de prototipos de estructuras, especialmente en áreas como la hidráulica, en instituciones educativas, brinda a los docentes una valiosa herramienta para la enseñanza, permitiendo una transmisión más efectiva y realista del conocimiento, lo que se traduce en una educación de mayor calidad para los estudiantes.

Es fundamental reconocer la importancia de estar preparados para los cambios tecnológicos que enfrenta la sociedad, ya que estos representan una diferencia significativa entre los países desarrollados y los que no lo están. Por lo tanto, tanto las instituciones educativas como los estudiantes tienen la responsabilidad de contribuir al desarrollo tecnológico y social, fomentando una cultura de innovación y adaptación en la sociedad.

La automatización en la ingeniería no solo mejora la eficiencia y seguridad de los procesos, sino que también contribuye a una educación de calidad y prepara a los futuros profesionales para los desafíos tecnológicos del mundo actual. La colaboración entre instituciones educativas y estudiantes es fundamental para impulsar el progreso y desarrollo en la sociedad.

## 14 Referencias

- Amaya Cueva, C. E. (2016). *DISEÑO Y SIMULACION DE UNA COMPUERTA PLANA DESLIZANTE PARA LA EMPRESA ARMETCO.*
- Arango Escobar, J. (11 de Agosto de 2011). *Integral Ingenieros Constructores.* Obtenido de <https://www.integral.com.co/introduccion-al-diseno-basico-y-seleccion-de-compuertas-hidraulicas/>
- Bazan Cabanillas , M. (2019). *DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y EL COEFICIENTE DE GASTO EN UNA COMPUERTA PLANA RECTANGULAR DESLIZANTE CON PENDIENTES 1%, 2% Y 3%.*
- Cadavier R, J. (2006). *Hidraulica de Tuberias.* En J. H. R.. Medellin : Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Calderon Vasquez, F. (2010). Obtenido de *Diseño y construccion de un sistema electromagnetico para aperturay cierre de una compuerta de sedimentador de la planta de tratamiento de agua potable el Cebollar de Cuenca .*
- Castro Neira, L. B., & Harris Vasquez, W. F. (2018). *Elaboracion del modelo fisico y la guia metodologica para el ensayo de compuertas hidraulicas de la asignatura Mecanica de Fluidos de la Universidad Del Azuy.*
- Cely Calisto, N. J., Gallardo Amaya, R. J., & Guerrero Gomez, G. (2022). *Hidraulica de Canales principios fundamentales.* Bogota D.C.: Ediciones Nueva Juridica.
- Equipment for Engineering Education. (2024). *gunt hamburg.* Obtenido de <https://www.gunt.de/es/productos/compuerta-plana-deslizante/070.16229/hm162-29/glct-1:pa-150:pr-680#:~:text=Una%20compuerta%20plana%20deslizante%20es,para%20la%20navegaci%C3%B3n>

I+D Electronica. (s.f.). *didacticaselectronicas*. Obtenido de

<https://didacticaselectronicas.com/~didactic/index.php/elementos-electromecanicos/motores-y-solenoides-1/motores-paso-a-paso/nema-17/pol-1200-detail>

Laminaire. (s.f.). *Laminaire.net*. Obtenido de <https://laminaire.net/producto/compuertas-industriales-l-5102/>

Larburu Arrizabalaga, N. (2005). *Maquina Prontuario. Tecnicas maquinas herramientas*. Madrid: Editorial Paraninfo.

Marbello Perez, R. (2005). *Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Mercado libre. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-609305105-portafusible-plastico-de-rosca-para-fusible-largo-6x30mm-\\_JM?matt\\_tool=70147493&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=14633851809&matt\\_ad\\_group\\_id=160990801841&matt\\_match\\_type=&matt\\_network=g&mat](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-609305105-portafusible-plastico-de-rosca-para-fusible-largo-6x30mm-_JM?matt_tool=70147493&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14633851809&matt_ad_group_id=160990801841&matt_match_type=&matt_network=g&mat)

QuimiNet. (30 de Enero de 2008). *QuimiNet*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/las-compuertas-deslizantes-en-las-plantas-de-tratamiento-de-agua-26624.htm>

Tovar Arenas, O. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-652926547-ucp205-16-cgt-1-chumacera-pedestal-para-eje-de-1-pulgada-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-652926547-ucp205-16-cgt-1-chumacera-pedestal-para-eje-de-1-pulgada-_JM)

UNIT ELECTRONICS. (s.f.). *uelectronics*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/l298n-modulo-driver-motor-a-pasos/>

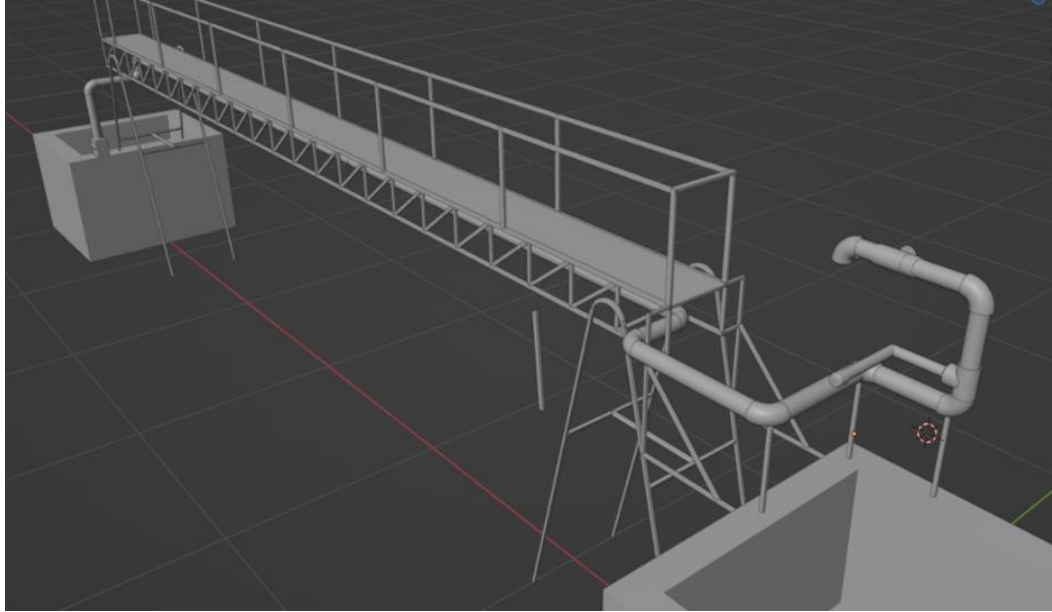
White, F. (2012). *Mecanica de fluidos*. NUEVA YORK: MC GRAW HILL.

Yunus, C., & Cimbala, J. (2012). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. McGraw-Hill.

ZAPOROZHIDROSTAL. (2017). *ZAPOROZHIDROSTAL*. Obtenido de <https://hydrosteelproject.com/es/equipment/gates>

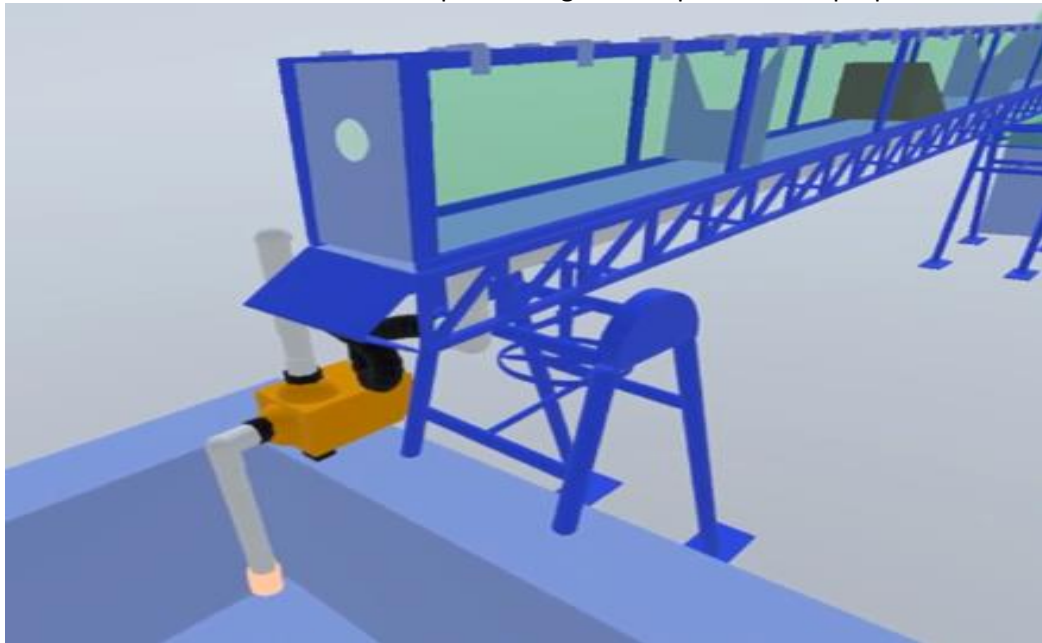
## Anexos

### Anexo 1 Canal



Fuente: Propia

### Anexo 2 Canal donde se empezó a elegir la compuerta más apropiada



Fuente: Propia

### Anexo 3 Sensores de medición de altura de lámina de agua



Fuente: Propia

### Anexo 4 Sensor de temperatura



Fuente: Propia

Anexo 5 Sensor de medidor de caudal



Fuente: Propia

Anexo 6 Tablero de control de los sensores



Fuente: Propia



Anexo 7 Compuerta hidráulica plana deslizante



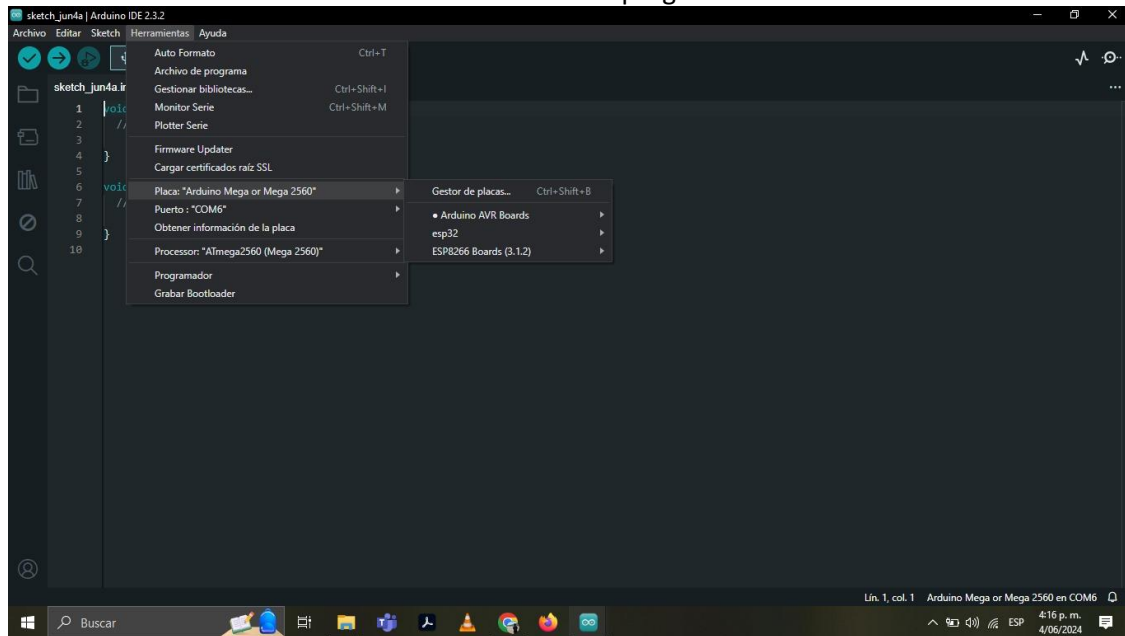
Fuente: Propia

Anexo 8 Tablero de control de compuerta hidráulica plana deslizante



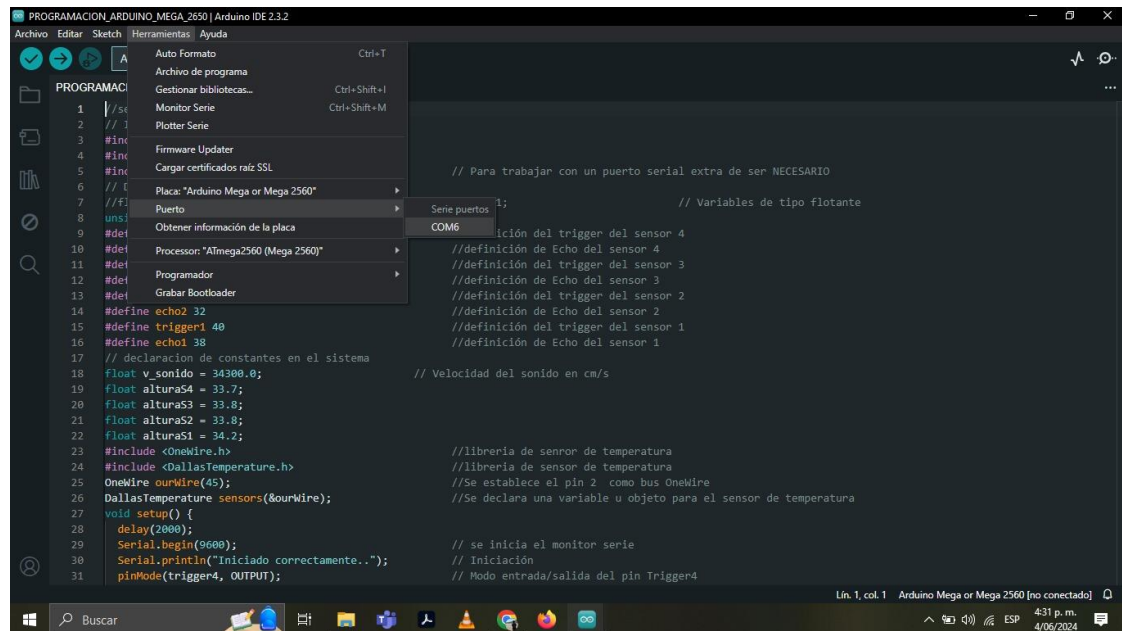
Fuente: Propia

## Anexo 9 Interfaz de programación



Fuente: Propia

## Anexo 10 Punto de conexión de los datos



Fuente: Propia

