



SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN MATLAB PARA DISEÑO
HIDRÁULICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Civil

AUTORAS: Derly Karolina Castro Soria

Evelyn Estefanía Monta Juña

TUTORA: María Gabriela Soria Pugo

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Derly Karolina Castro Soria con documento de identificación N° 0503654667 y Evelyn Estefanía Monta Juña con documento de identificación N° 1722538988; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 10 de enero del 2024

Atentamente,



Derly Karolina Castro Soria
0503654667



Evelyn Estefanía Monta Juña
1722538988

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotras, Derly Karolina Castro Soria con documento de identificación N° 0503654667 y Evelyn Estefanía Monta Juña con documento de identificación N° 1722538988; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto Técnico: “Desarrollo de una aplicación en Matlab para diseño hidráulico”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de enero del 2024

Atentamente,



Derly Karolina Castro Soria
0503654667



Evelyn Estefanía Monta Juña
1722538988

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Gabriela Soria Pugo con documento de identificación N° 18039812141803981214, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN MATLAB PARA DISEÑO HIDRÁULICO, realizado por Derly Karolina Castro Soria con documento de identificación N° 0503654667 y por Evelyn Estefanía Monta Juña con documento de identificación N° 1722538988, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. María Gabriela Soria Pugo, MSc

1803981214

DEDICATORIA

Este logro va dedicado con todo mi amor y mucho cariño a mi madre María Elena, quien nunca dejó de creer y confiar en mí, ella a pesar de las dificultades que se presentaron, siempre estuvo apoyándome para que continuara con mi desarrollo profesional, sin duda alguna ella es mi pilar fundamental en quien puedo confiar y apoyarme siempre.

A mi amado hijo Fidel Jhosef, quien es mi principal motor, mi fuente de motivación, que me inspira a ser mejor persona, mejor profesional, poder superarme día a día, él desde el día que llegó a mi vida supe que era esa persona que sacaría lo mejor de mí, para poder luchar y crecer juntos, con la bendición de Dios.

Derly Castro

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi Madre quien con su amor, paciencia y esfuerzo me permitió llegar a cumplir hoy un sueño más, aun cuando quería rendirme tú estabas ahí, gracias por inculcar en mí el ejemplo de perseverancia y valentía, de no temer las adversidades, porque Dios está conmigo siempre.

A mi Padre quien desde el cielo me ilumina, él es mi guía y fortaleza para continuar con mis proyectos de vida.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi esposo y a mi pequeño hijo gracias por enseñarme el valor de responsabilidad, gracias por secar mis lágrimas cuando más lo necesitaba por siempre darme la fortaleza para no rendirme.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Evelyn Monta

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios y a la Virgen Santísima del Quinche, quienes me han dado salud, sabiduría y su guía para llegar a culminar con satisfacción este logro en mi vida.

A mi mami que con su amor, paciencia y disciplina me ayudó a seguir esforzándome cada día más, hasta poder culminar mi meta.

A mi papi por sus consejos, su comprensión y paciencia que me ayudaron a que no desmayara en el camino.

A mi padre que desde el cielo me guía y me bendice para lograr mis objetivos.

A Ismael por su amor, y sobre todo por su compañía incondicional durante mi desarrollo profesional.

A mi hijo quien ha estado conmigo apoyándome emocionalmente, él es el motivo por el que sigo adelante, la luz que ilumina mis días, gracias por existir en mi vida y hacer de mí una mejor persona.

A Irene por su cariño y apoyo, que me han ayudado a superarme.

Derly Castro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, amor y su mano de fidelidad.

A mi madre quien me demostró ser una mujer valiente desde que empezamos esta aventura, tras los tropiezos, alegrías y llantos que tuvimos en el camino crecimos juntas estoy infinitamente agradecida contigo por permitirme crecer en mis estudios.

Hermanos les agradezco por estar siempre en mi vida no sólo aportando buenas cosas, sino también por su gran apoyo en esta fuerte etapa de mi vida donde fueron más los momentos buenos.

Gracias a mi esposo por llegar a mi vida y empezar juntos a construir un camino gracias por entenderme en todo, gracias porque en todo instante fue un acompañamiento incondicional en mi vida, fue la alegría encajada en solo una persona.

Hijo mío mi más grande inspiración, quien me ha dado la fuerza y la inspiración para perseguir mis objetivos, espero que esto te muestre que siempre hay una manera de superar las adversidades.

Evelyn Monta

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema de estudio	1
1.2.1 Antecedentes.....	1
1.2.2. Importancia y Alcance.....	2
1.2.3. Delimitación	2
1.3 Justificación	3
1.4 Grupo Objetivo	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específico.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Software Matlab	5
2.2 Canales	5
2.2.1 Sección rectangular.....	5
2.2.2 Sección trapezoidal.....	6
2.2.3 Sección triangular	7
2.2.4 Sección circular	8

2.2.5 Propiedades geométricas de la sección hidráulica.....	9
2.3 Vertederos	10
2.4 Flujo Gradualmente Variado	11
2.5 Resalto hidráulico	14
2.6 Dimensión pozo de disipación.....	15
CAPÍTULO III.....	16
METODOLOGÍA	16
3.1 Tipos de investigación.....	16
3.2 Método de estudio	16
3.3 Técnicas de recolección de datos	16
3.4 Proceso técnico de Ingeniería Civil	16
CAPÍTULO IV	18
GUÍA DE USUARIO	18
4.1 Introducción.....	18
4.2 Descripción al Programa	18
4.3 Precauciones y Advertencias antes del uso	18
4.4 Esquema grafico para utilizar las funciones principales del Programa	19
4.5 Instrucciones para el desarrollo del cálculo de diseño Hidráulico, acompañado de elementos visuales.....	21
4.5.1 Pantalla de inicio	21
4.5.2 Canales.....	22
4.5.3 Vertederos.....	26

4.5.4	Resalto hidráulico	31
4.5.5	Flujo gradualmente variado	34
4.5.6	Pozo de disipación	37
CAPÍTULO V.....		40
VERIFICACIÓN DE RESULTADOS CON LA HERRAMIENTA.....		40
5.1	Canales	40
5.2	Vertederos.....	48
5.3	Flujo gradualmente variado	53
5.4	Resalto hidráulico	58
5.5	Pozo de disipación	60
CONCLUSIONES.....		62
RECOMENDACIONES.....		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
GLOSARIO		66
ANEXOS		68

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. <i>Propiedades geométricas</i>	9
--	----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Laboratorio de Mecánica de Fluidos</i>	2
Figura 2. <i>Sección Rectangular</i>	6
Figura 3. <i>Sección Trapezoidal</i>	7
Figura 4. <i>Sección Triangular</i>	7
Figura 5. <i>Sección Circular</i>	8
Figura 6. <i>Vertedero con contracción, sin contracción</i>	10
Figura 7. <i>Tipos de Perfiles</i>	13
Figura 8. <i>Flujo gradualmente variado</i>	14
Figura 9. <i>Ingreso al programa</i>	19
Figura 10. <i>Proceso a seguir para ingresar a Canales</i>	19
Figura 11. <i>Proceso a seguir para ingresar a vertederos</i>	19
Figura 12. <i>Proceso a seguir para ingresar a Resalto Hidráulico</i>	20
Figura 13. <i>Proceso a seguir para ingresar a Flujo Gradualmente Variado</i>	20
Figura 14. <i>Proceso a seguir para ingresar a Pozo de Disipación</i>	20
Figura 15. <i>Pantalla de inicio del programa</i>	21
Figura 16. <i>Pantalla de Inicio</i>	22
Figura 17. <i>Pantalla Canales</i>	23
Figura 18. <i>Pantalla de Canales Triangular</i>	24
Figura 19. <i>Pantalla de Canales Triangular</i>	25
Figura 20. <i>Pantalla de Inicio</i>	26
Figura 21. <i>Pantalla Vertederos</i>	27

Figura 22. <i>Pantalla Vertedero Rectangular</i>	28
Figura 23. <i>Pantalla de Vertedero Rectangular</i>	29
Figura 24. <i>Pantalla de Vertedero Rectangular</i>	30
Figura 25. <i>Pantalla Resalto Hidráulico</i>	31
Figura 26. <i>Pantalla de Resalto Hidráulico</i>	32
Figura 27. <i>Pantalla de Resalto Hidráulico</i>	33
Figura 28. <i>Pantalla de Inicio</i>	34
Figura 29. <i>Pantalla de Flujo Gradualmente Variado</i>	35
Figura 30. <i>Pantalla de Flujo Gradualmente Variado</i>	36
Figura 31. <i>Pantalla de Pozo de Disipación</i>	37
Figura 32. <i>Pantalla Pozo de disipación</i>	38
Figura 33. <i>Pantalla Pozo de disipación</i>	39
Figura 34. <i>Cálculo de diseño de Canal Rectangular</i>	40
Figura 35. <i>Cálculo de diseño de Canal Circular</i>	40
Figura 36. <i>Cálculo de diseño de Canal Trapezoidal</i>	42
Figura 37. <i>Cálculo de diseño de Canal Triangular</i>	44
Figura 38. <i>Cálculo de diseño de Vertedero Rectangular con Contracción</i>	48
Figura 39. <i>Cálculo de diseño de Vertedero Rectangular sin Contracción</i>	50
Figura 40. <i>Cálculo de diseño de Vertedero Triangular</i>	52
Figura 41. <i>Cálculo de diseño de Flujo Gradualmente Variado</i>	53
Figura 42. <i>Cálculo de diseño de Resalto Hidráulico</i>	58
Figura 43. <i>Cálculo de diseño de Pozo de Disipación</i>	60

RESUMEN

El proyecto técnico en mención es desarrollado mediante un software, que ayuda a la práctica de Diseño Hidráulico, el mismo que permite mejorar la resolución de manera rápida en ejercicios prácticos de la materia. Al utilizar la programación en el software se crea una aplicación en Matlab, que es didáctica y amigable con el usuario.

El proyecto se basa en la investigación de diseño hidráulico, en especial de los temas presentes dentro de la aplicación, estos conceptos son los que ayudan a desarrollar la programación con mayor eficiencia.

La aplicación cuenta con una interfaz gráfica didáctica y amigable con el usuario, que al ser ejecutada hace que su uso sea práctico y comprensible hacia los estudiantes, esto permite al usuario resolver sus ejercicios de manera eficiente, comprobando sus resultados obtenidos de forma manual.

Con la verificación de los resultados obtenidos en forma manual y mediante la aplicación podemos demostrar la eficiencia y precisión de la programación desarrollada, demostrando mayor confiabilidad para hacer uso de la aplicación durante el aprendizaje de los temas abordados en la misma.

Finalmente, para complementar el uso de la aplicación se elaboró una guía de usuario con los pasos a desarrollar con cada uno de los temas, para que su uso sea de mayor facilidad para los usuarios.

Palabra Clave: Software, Interfaz gráfica, Matlab, Hidráulica.

ABSTRACT

The technical project in question is developed using software that helps the practice of Hydraulic Design, which allows the resolution to be improved quickly in practical exercises on the subject. By using programming in the software, an application is created in MATLAB, which is didactic and user-friendly.

The project is based on hydraulic design research, especially the topics present within the application; these concepts are what help develop programming with greater efficiency.

The application has a didactic and user-friendly graphic interface, which when executed makes its use practical and understandable for students, this allows the user to solve their exercises efficiently, checking their results obtained manually.

By verifying the results obtained manually and through the application we can demonstrate the efficiency and precision of the developed programming, demonstrating greater reliability to use the application during learning the topics addressed in it.

Finally, to complement the use of the application, a user guide was prepared with the steps to be developed with each of the topics, so that its use is easier for use.

Keywords: Software, Graphical interface, Matlab, Hydraulics.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

La ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento adquirido a través del estudio, la, experiencia y la práctica en las ciencias físicas y matemáticas se utiliza para desarrollar medios para el uso económico de materiales y fuerzas naturales para el desarrollo y bienestar de la humanidad. La Hidráulica es una asignatura fundamental para cualquier ingeniero, debido a que permite comprender los conceptos y teorías relacionadas que se ocupa del diseño y ejecución de obras hidráulicas. Por lo tanto, es importante que los estudiantes de ingeniería tengan acceso a herramientas pedagógicas eficientes y dinámicas que les permitan comprender de manera clara y sencilla los conceptos.

En este sentido, la utilización de software educativo es una herramienta muy útil para mejorar la experiencia de aprendizaje y enseñanza en la materia, Es un sistema de cómputo numérico que ofrece un desarrollo integrado, permite el aprendizaje de una manera didáctica y dinámica.

En el presente proyecto, se busca desarrollar un software de aprendizaje para la asignatura de Mecánica de Fluidos, utilizando la herramienta de programación MATLAB es una plataforma de modelado y simulación que permite la creación de modelos dinámicos y sistemas complejos en un entorno gráfico de usuario intuitivo.

1.2 Problema de estudio

1.2.1 Antecedentes

Actualmente, el laboratorio de hidráulica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, campus Sur y la asignatura de hidráulica aplicada no cuenta con una herramienta informática didáctica para el Diseño Hidráulico que sirva para la verificación y análisis rápido

de los fenómenos hidráulicos presentes. Por tal motivo, se requiere la implementación de una aplicación que sirva para verificar los cálculos realizados de manera manual en la materia y como soporte para los estudiantes en la asignatura Hidráulica. Para complementar este trabajo, se pretende implementar una interfaz gráfica de usuario amigable. Para ello, se utiliza el lenguaje de programación Matlab del cual se posee la licencia en la Universidad.

1.2.2. Importancia y Alcance

La importancia de este estudio se basa en complementar el aprendizaje de los estudiantes en asignaturas de Hidráulica a más de establecer una aplicación que sirva para la verificación de fenómenos hidráulicos en la parte práctica. Al momento la limitante es que los estudiantes no pueden aplicar de manera práctica lo aprendido en clase de Diseño Hidráulico. Al realizar la implementación del programa se obtendrá resultados eficientes en menor tiempo.

1.2.3. Delimitación

El desarrollo del presente proyecto se aplica en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur, Bloque G, subsuelo 1 en el laboratorio de Mecánica de Fluidos.

Figura 1

Laboratorio de Mecánica de Fluidos



Nota. Se presenta el laboratorio de Mecánica de Fluidos. Elaborador por: Las Autoras.

1.3 Justificación

La motivación del presente proyecto se basa en que el Laboratorio de Hidráulica no cuenta con una aplicación de Diseño Hidráulico en Matlab, motivo por el cual se procederá a realizar la guía para que el estudiante pueda aplicar de manera práctica lo aprendido en clase utilizando la aplicación desarrollada. Al contar con este recurso, no sólo se beneficiarán los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana si no también los profesionales dedicados al área de Hidráulica. De esta manera, se realizará de forma rápida los ejercicios planteados en la asignatura de Hidráulica Aplicada.

Para la realización de este proyecto se cuenta con la licencia que posee la Universidad Politécnica Salesiana del software de programación Matlab. Además, se dispone de los conocimientos necesarios impartidos en el aula de clase para desarrollar la aplicación con dicho lenguaje de programación.

El resultado de este estudio constará de un manual didáctico de apoyo para la fácil interacción con los estudiantes, el mismo que será entregado en la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana y a los docentes interesados.

1.4 Grupo Objetivo

Este proyecto está dirigido a estudiantes de la asignatura de Mecánica de Fluidos y a profesionales del área, puesto que dispondrán de un programa elaborado de manera rigurosa con una interfaz gráfica diseñada en Hidráulica, la cual pueden utilizar como aplicación principal, para desarrollar sus ejercicios de manera práctica.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación, mediante una programación en Matlab, para diseño hidráulico.

1.5.2 Objetivos Específico

Desarrollar una interfaz gráfica, mediante una programación en Matlab, que sea accesible y amigable para el usuario.

Determinar las variables de entrada y salida de los algoritmos, cálculos intermedios de canales, vertederos rectangulares con y sin contracción, flujo gradualmente variado, resalto hidráulico en canales rectangulares y dimensiones de pozo de disipación normal, utilizando las herramientas de programación de Matlab, para mejorar la rapidez en resolución de ejercicios.

Verificar los cálculos de la aplicación, mediante ensayos de cálculo manual, para demostrar su funcionalidad.

Realizar una guía de usuario, a través de un manual didáctico, para el uso correcto de la aplicación por parte del estudiante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Software Matlab

Matlab es un programa de cálculo matemático muy didáctico, accesible, fácil de entender, que también permite realizar interfaces gráficas en diferentes dimensiones. Es una herramienta muy útil a la hora de realizar cálculos numéricos y tratamiento de datos. Este software se ha convertido en una poderosa herramienta de apoyo tanto en el ámbito educativo como en el industrial. A nivel educativo se ha vuelto muy práctico ya que permite resolver materias como algebra matricial, desde nivel básico hasta un nivel superior. Tiene un alto desempeño de utilización en geofísica, en el diseño de sistemas de control, en procesamientos de señales, en inteligencia artificial y redes neuronales, en simulación de sistemas dinámicos, en optimización, en problemas de modelaje y sistema dinámicos. (Corner, 2018)

2.2 Canales

Los canales son conductos artificiales que conducen el agua para distribuirla, ya sea para riego u otros usos que se le pueda emplear. La formula descrita a continuación es de la velocidad media del agua. (Chow, 2004, pág. 96).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Donde:

S: siendo la pendiente de línea de agua

R: radio hidráulico, en m, que es función del tirante hidráulico h;

n: coeficiente que depende de la rugosidad de la pared;

V: velocidad media del agua en m/s;

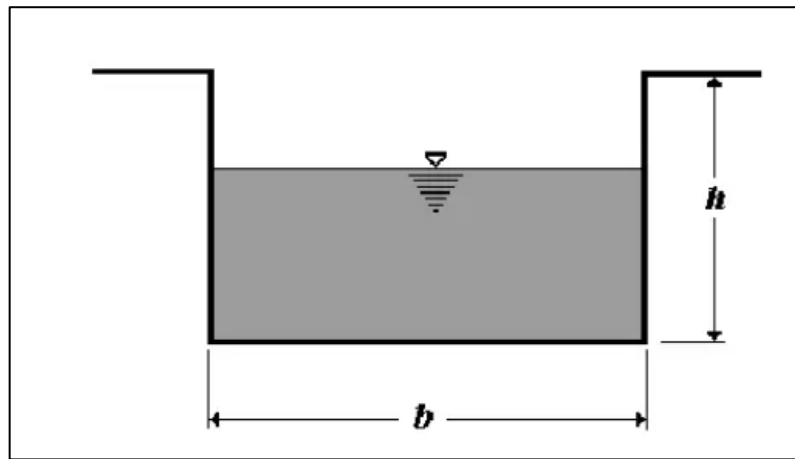
2.2.1 Sección rectangular

Un canal con sección rectangular es aquella que sus parámetros geométricos son: el ancho de base b y la altura h (figura 2). Por su geometría podríamos decir que es una de las

secciones más simples utilizadas comparadas con las otras geometrías, para las aplicaciones prácticas de la hidráulica de canales. Cuando su conformación la realizamos por medio una excavación, la estabilidad geotécnica requiere dotarla, casi siempre, de un recubrimiento de hormigón armado (Cadavid, 2006, pág. 19).

Figura 2

Sección Rectangular



Nota. Se presenta la forma del canal Rectangular. Fuente: Cadavid R. (2006)

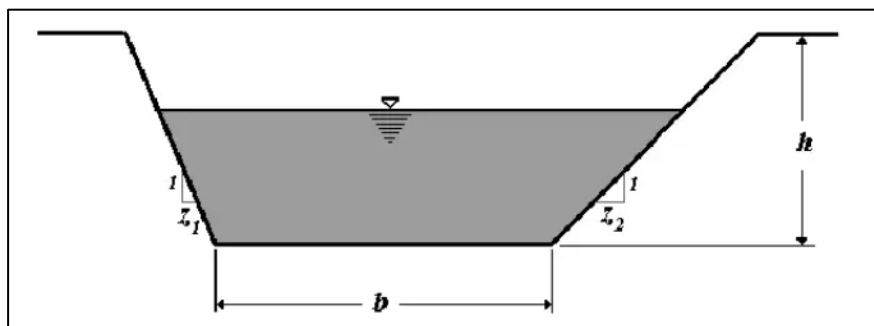
Es factible encontrar también canales rectangulares contruidos sin recubrimiento. Se trata de zanjas o trincheras que dan lugar a acequias, especialmente en ambientes rurales. Son pues desarrollos artesanales de escasa profundidad de excavación y que, por consiguiente, gozan de estabilidad geotécnica. Así mismo, son canales excavados en roca, cuya calidad admite el corte vertical (Cadavid, 2006, pág. 19).

2.2.2 Sección trapezoidal

La utilización de la sección rectangular en canales es recomendable en la práctica por su estabilidad y cuando sea factible evitar el recubrimiento. Para poder emplear esta sección trapezoidal es necesario tener en cuenta el criterio económico para decidir entra esta o la rectangular. (Cadavid, 2006, pág. 19)

Figura 3

Sección Trapezoidal



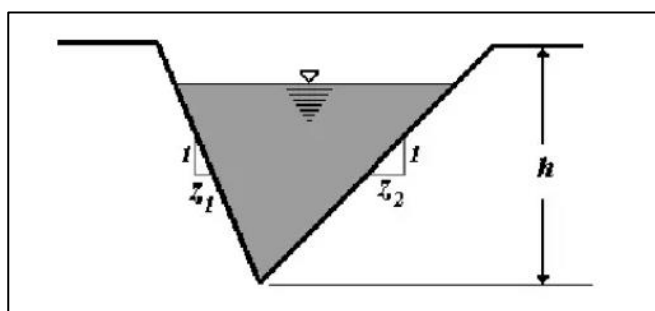
Nota. Se presenta la forma del canal Trapezoidal. Fuente: Cadavid R. (2006)

2.2.3 Sección triangular

Este canal de sección triangular se caracteriza por tener un parámetro de talud z , z y por h (figura 4). Su principal aplicación es para canales destinados al drenaje, y se le denomina con el nombre de canales. Sus construcciones por lo general son anexas a las vías terrestres y al terraplén de aguas abajo de una presa de enrocado o tierra. Uno de los taludes se conforma, habitualmente, según el de la berma de la vía o el de la presa. (Cadavid, 2006, pág. 20)

Figura 4

Sección Triangular



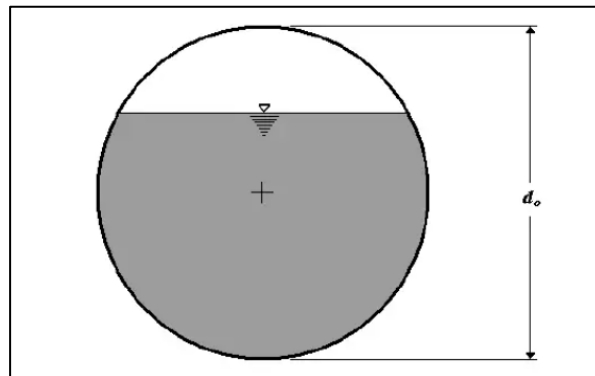
Nota. Se presenta la forma del canal Triangular. Fuente: Cadavid R. (2006)

2.2.4 Sección circular

El canal de sección circular tiene un parámetro diferente a las secciones anteriores, el diámetro d_o (figura 5). El mejor uso que se le puede dar a este canal es como sección transversal cerrada, al contrario, la forma menos común de uso es en forma abierta, salvo como vertedero para aforo. Su principal aplicación es la de colector de aguas lluvias o servidas (alcantarillado). (Cadavid, 2006, pág. 23).

Figura 5

Sección Circular



Nota.: Se presenta la forma del canal Circular. Fuente: Cadavid R. (2006)

2.2.5 Propiedades geométricas de la sección hidráulica

A continuación, se presenta las propiedades geométricas básicas para la resolución de las diferentes secciones. (Cadavid, 2006, pág. 5).

Tabla 1

Propiedades geométricas.

Sección	A	P	T	R _H	D
Rectangular	by	$b + 2y$	b	$\frac{by}{b + 2}$	y
Trapezoidal	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$(b + 2zy)$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$
Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$2zy$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{y}{2}$
Circular	$(\phi - \text{sen}\phi) \frac{do^2}{8}$	$\frac{do}{2} \phi$	$do \text{sen} \frac{\phi}{2}$	$\frac{do}{4} (1 - \frac{\text{sen}\phi}{\phi})$	$\frac{do(\phi - \text{sen}\phi)}{8 \text{sen} \frac{\phi}{2}}$

Nota. Se muestra las principales fórmulas de las propiedades geométricas para diferentes secciones. Fuente: Cadavid R. (2006)

Condicionantes

1. Las fórmulas son válidas sólo si las secciones triangular y trapezoidal son simétricas.

Acorde con esto se toma en cuenta un solo talud ($z = z_1 = z_2$)

2. Las expresiones desarrolladas para la sección trapezoidal pueden utilizarse también con la sección rectangular y triangular. Basta con asignar en cada caso valores apropiados para los parámetros b, z

3. La profundidad hidráulica D coincide con la de la sección, y , cuando la sección transversal es rectangular. En las triangulares simétricas equivale a la mitad de la profundidad de la sección y es independiente del talud, z (Cadavid, 2006, pág. 29).

2.3 Vertederos

Un vertedero suele definirse como la pared transversal de un canal, contiene una sección de medidas. obtenido midiendo el flujo o la descarga, altura de descarga antes de la expulsión.

Se podría decir que un vertedero es una barrera que se coloca dentro de una corriente de agua a superficie libre y conduce a que el fluido pase por encima de ella. (Cadavid, 2006, pág. 184).

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c \left[\left(H + \alpha \frac{V_o^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] L \quad (2)$$

1. La relación entre la longitud del vertedero y su carga. Lleva a diferenciar dos tipos de vertederos:

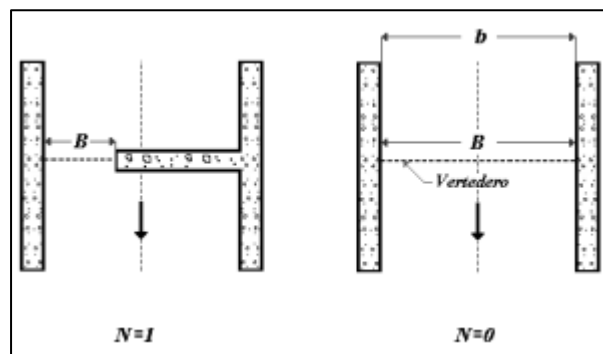
Vertedero de pared delgada $\frac{e}{H} \leq 0.67$

Vertedero de pared gruesa $\frac{e}{H} > 0.67$

2. Si ambos canales tienen la misma geometría, es vertedero sin contracciones, es decir $N = 0$
Vertedero con una contracción ($N=1$). Los ejes no son colineales.

Figura 6

Vertedero con contracción, sin contracción.



Nota. Se presenta el perfil de vertedero con contracción, sin contracción. Fuente:

Hidráulica de canales. (2006)

2.4 Flujo Gradualmente Variado

Es un flujo constante cuya profundidad cambia de manera gradual a lo largo del canal a un caudal determinado, ocurre cuando existe cambios en el eje hidráulico que se debe conectar para mantener la persistencia del flujo en el canal.

Es un flujo permanente que transporta el mismo caudal, cuya profundidad varía de manera gradual a lo largo del canal, también se debe indicar que varía la lámina de agua.

Se presenta la ecuación para flujo uniforme i:

$$i_0 = Se_0 = \left(\frac{Qn}{A_0 R_0^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (3)$$

Se expresa el flujo gradualmente variado, así:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 \left[1 - \frac{S_e}{S_0} \right]}{1 - Fr^2} \quad (4)$$

Donde:

$$y = h \cos \theta$$

Se = pendiente línea de energía

Sa = pendiente línea agua

So = pendiente canal

Fr = número de Froude

La ecuación del flujo gradualmente variado requiere de condiciones de borde para su solución.

Para Froude menor a 1, en régimen subcrítico, las condiciones de borde se dan aguas abajo y la escorrentía tiende a circular uniformemente aguas arriba.

Para Froude mayor a 1, en régimen supercrítico, es el efecto contrario de la condición citada anteriormente. Es decir, las condiciones de borde se dan aguas arriba y la escorrentía tiende a circular uniformemente aguas abajo,

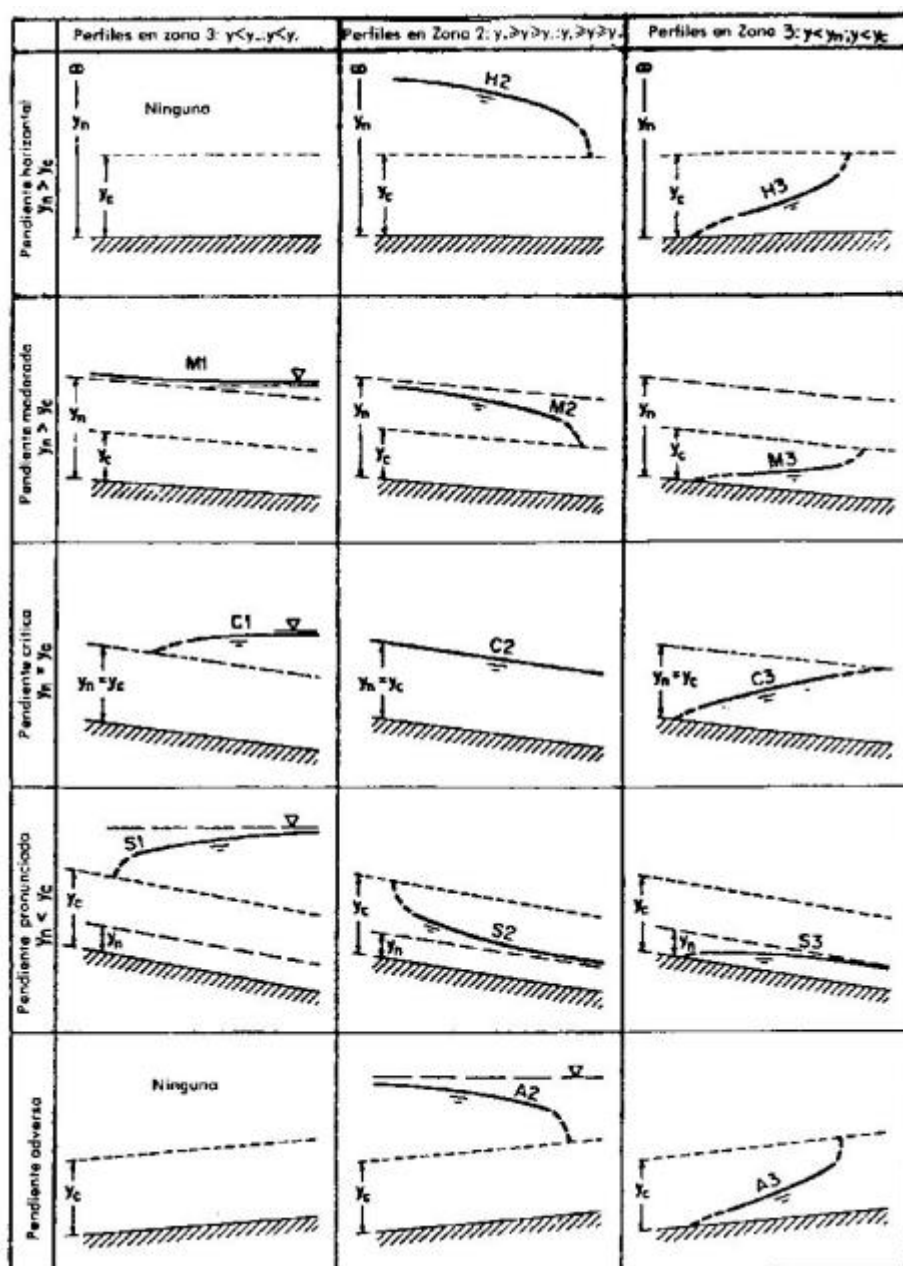
El caudal es mayor en condiciones supercríticas que en condiciones subcríticas.

Al analizar los flujos que cambian gradualmente, encontramos que solo se puede crear una combinación limitada de perfiles hidráulicos. Las ecuaciones de flujo que cambia gradualmente, son una solución al diseño de pozos hidráulicos, consisten en combinar los perfiles de flujo, para unir las características que ocurren en el canal. (Chow, 2004, pág. 514).

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dH}{dx} - \frac{dz}{dx}}{\cos^2 \theta - \alpha F^2} \quad (5)$$

Figura 7

Tipos de Perfiles



Nota. Clasificación de perfiles de flujo gradualmente Variado Fuente: Hidráulica de canales. (2006)

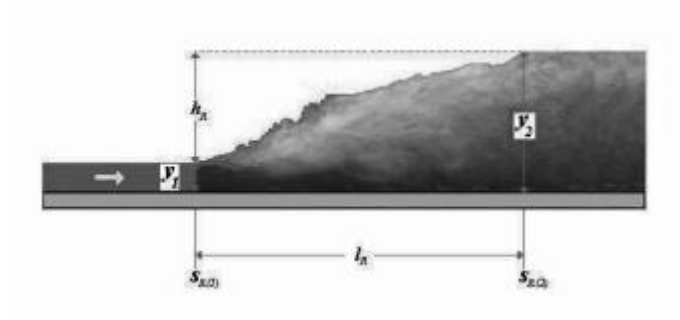
2.5 Resalto hidráulico

Es el flujo rápidamente variado, para lo cual se presenta las siguientes características, siempre va acompañado de un aumento significativo del tirante y una pérdida importante de energía en un periodo de tiempo relativamente corto.

La parte principal del resalto hidráulico está determinada por las paredes y fondo del canal, la superficie libre y sobre todo las secciones transversales extremas de aguas arriba y aguas abajo.

Figura 8

Flujo gradualmente variado



Nota. Se presenta sección resalto hidráulico Fuente: Hidráulica de canales. (2006)

La entrada al resalto hidráulico se identifica con la profundidad y_1 y a la inversa, la salida del resalto hidráulico se identifica con la profundidad y_2 .

Ambas profundidades se utilizan para limitar la altura del resalto hidráulico.

$$h = y_2 - y_1 \quad (6)$$

En la situación particular de un resalto hidráulico en canal rectangular, se puede probar que ambos números de Froude (número adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y de gravedad), permitirá obtener las expresiones adimensionales de tirantes conjugados (Chow, 2004, pág. 386).

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right) \quad (7)$$

Existen ciertos límites que describiremos a continuación que dependen del número de Froude. Si el número de Froude del flujo es igual a 1.0 se encuentra en un estado crítico y no puede formar, si varía de 1.0 hasta 1.7 la condición de esta circulación está solo ligeramente por debajo del tirante crítico.

2.6 Dimensión pozo de disipación

Es el tipo de estructura hidráulica mayormente utilizado para disipar la energía, evitando el desplazamiento del resalto hidráulico que transforma el flujo supercrítico aguas abajo del vertedero en un flujo subcrítico compatible con el régimen aguas abajo del río, se puede decir que el pozo de disipación es la estructura que contiene el salto. (VILLENNA, 2019)

El dimensionamiento del pozo de disipación se realiza mediante un proceso iterativo, el proceso iterativo de profundidad de flujo se realiza mediante las siguientes ecuaciones:

$$E = H + \frac{V^2}{2g} + P + z$$

$$E = Y_1 + \frac{Q^2}{2g * Y_1^3 * b^2}$$

La longitud del pozo se determina con la siguiente ecuación:

$$L_R = 5(Y_2 - Y_1)$$

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Tipos de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se aplicará la investigación documental, ya que se realizará el análisis de libros, tesis, artículos científicos, que tenga relación con el desarrollo del algoritmo en el programa de Matlab, y con el material didáctico que para este proyecto es la guía de apoyo amigable con el usuario.

3.2 Método de estudio

Este estudio se apoya en métodos deductivos. El método deductivo es un proceso de adquisición de conocimiento que desarrolla resultados para aplicaciones específicas o principios generales, y su efectividad ha sido ampliamente probada y puede servir como guía para su uso en la programación en Matlab para diseño hidráulico en su análisis posterior.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Para recoger información será, a través del análisis de un proyecto de titulación que contiene el modelo base para el desarrollo del manual propuesto en el presente trabajo. El trabajo se basa en la utilización del software Matlab que permitirá aplicar de forma práctica los ejercicios realizados manualmente en la asignatura de Mecánica de Fluidos. (Jonathan Vinicio Panchi Panchi, 2023)

3.4 Proceso técnico de Ingeniería Civil

Para la programación se utilizará el lenguaje computacional que sea amigable con el usuario. Se llegará a la respuesta final incluyendo la programación para diseño hidráulico. Sin embargo, es necesario complementar el uso de la programación en Matlab con las fórmulas que se han aprendido en clases de los diferentes fenómenos hidráulicos presentes.

Una vez obtenida la programación en Matlab de diseño hidráulico se procederá a la comprobación de su eficiencia, mediante la verificación de su funcionalidad, a través de ensayos de cálculo manual.

La presentación de la Guía de Usuario se realizará en base al procedimiento realizado en la creación de la programación en Matlab de diseño hidráulico, se ingresarán datos de entrada según lo indiquen las diferentes interfaces, para que la aplicación se ejecute mediante la programación desarrollada, y obtener resultados requeridos.

CAPÍTULO IV

GUÍA DE USUARIO

4.1 Introducción

Es un entorno de programación visual disponible en Matlab para crear y efectuar programas que requieren entrada continua de variables, consta de una serie de ventanas que describimos a continuación. Se debe tomar en cuenta que el diseño de estas ventanas puede cambiar en la pantalla, normalmente aparecen en la misma posición.

Para poder empezar a utilizar correctamente este programa es importante utilizar las herramientas de manera adecuada en Matlab.

4.2 Descripción al Programa

Es un programa diseñado específicamente para que especialistas e ingenieros realicen análisis y desarrollo de sistemas obteniendo productos que pueda modificar nuestro entorno.

MATLAB es un lenguaje basado en matrices que permite expresar las matemáticas computacionales de forma más natural.

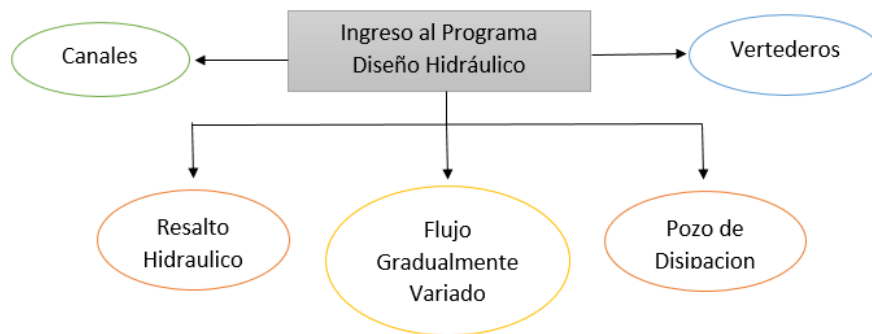
4.3 Precauciones y Advertencias antes del uso

Es importante ingresar los datos de entrada con las unidades que muestra el programa, tomar en cuenta lo que se va a calcular y de acuerdo a la variable a encontrar dejaremos en blanco algunas casillas de ingreso de datos.

4.4 Esquema grafico para utilizar las funciones principales de la Programación

Figura 9

Ingreso al programa



Nota. Se presenta los temas a desarrollar. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 10

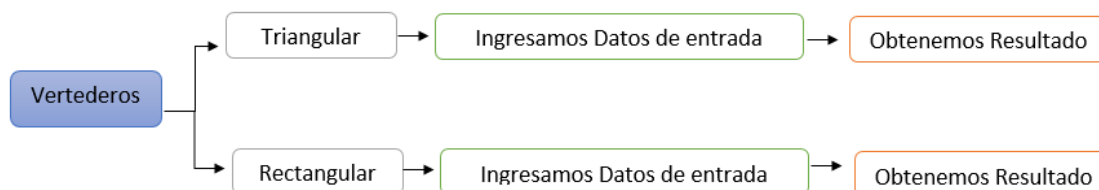
Proceso a seguir para ingresar a Canales



Nota. Se presenta el desarrollo del tema. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 11

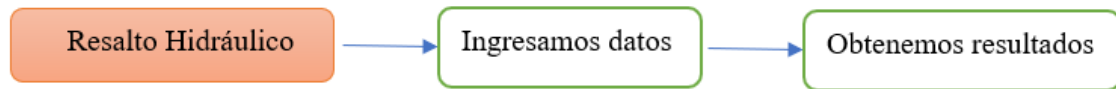
Proceso a seguir para ingresar a vertederos



Nota. Se presenta el desarrollo del tema. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 12

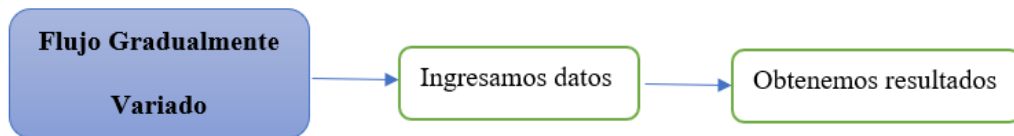
Proceso a seguir para ingresar a Resalto Hidráulico



Nota. Se presenta el desarrollo del tema. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 13

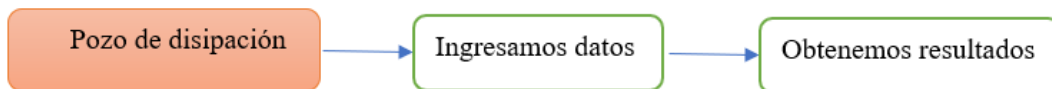
Proceso a seguir para ingresar a Flujo Gradualmente Variado



Nota. Se presenta el desarrollo del tema. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 14

Proceso a seguir para ingresar a Pozo de Disipación



Nota. Se presenta el desarrollo del tema. Elaborado por: Las Autoras.

4.5 Instrucciones para el desarrollo del cálculo de diseño Hidráulico, acompañado de elementos visuales.

4.5.1 Pantalla de inicio

Al ejecutar la Aplicación se visualizará la pantalla de inicio Diseño Hidráulico

Como se muestra en la figura 15, en el cual se deberá seleccionar el tema a calcular.

Figura 15

Pantalla de inicio del programa



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.2 Canales

4.5.2.1 Ingresar en la pantalla "CANALES".

Figura 16

Pantalla de Inicio



Nota Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.2.2 Se presenta la pantalla de “CANALES”, y deberá escoger la geometría del canal que desea calcular.

Figura 17

Pantalla Canales



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.2.3 Ingresar los siguientes datos de entrada, dar clic en calcular y se obtiene datos de salida.

Figura 18

Pantalla de Canales Triangular

DISEÑO DE CANALES TRIANGULAR

Datos:

Caudal (Q) m³/s:

Talud (Z) m:

Pendiente fondo (So):

Rugosidad (n):

Calcular

Resultados:

Tirante Normal:

Área Hidráulica (A) m²:

Velocidad (V) m/s:

Regimen de flujo (Re):

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^3}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D-y)}}$

Tirante crítico (y) m:

Velocidad regimen crítico (V) m/s:

Número de Froude (Fr):

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.2.4 Dar clic en cerrar “X”, para regresar a la anterior pantalla y nuevamente escoger la geometría que desee calcular, finalmente repetir el procedimiento anteriormente indicado.

Figura 19

Pantalla de Canales Triangular

DISEÑO DE CANALES TRIANGULAR

Datos:

Caudal (Q) m³/s:

Talud (Z) m/m:

Pendiente fondo (So) m/m:

Rugosidad (n):

Calcular

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^3}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D-y)}}$

Resultados:

Tirante Normal (m):

Área Hidráulica (A) m²:

Velocidad (V) m/s:

Regimen de flujo (Re):

Tirante crítico (y) m:

Velocidad regimen crítico (V) m/s:

Número de Froude (Fr):

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.3 Vertederos

4.5.3.1 Dar clic en el botón "VERTEDEROS".

Figura 20

Pantalla de Inicio



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.3.2 Se presenta la pantalla “VERTEDEROS” y a continuación dar clic en el botón de rectangular o triangular, dependiendo de la geometría a calcular.

Figura 21

Pantalla Vertederos



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.3.3 Seleccionar que cálculo se desea realizar.

Figura 22

Pantalla Vertedero Rectangular



Nota Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.3.4 Ingresar los datos de entrada, dar clic en calcular y obtendremos los datos de salida

Figura 23

Pantalla de Vertedero Rectangular

VERTEDERO RECTANGULAR

DATOS DE ENTRADA

B (m):

b (m):

P (m):

H (m):

RESULTADOS

CAUDAL DE DESCARGA: Q (m3/s):

μ :

CALCULAR

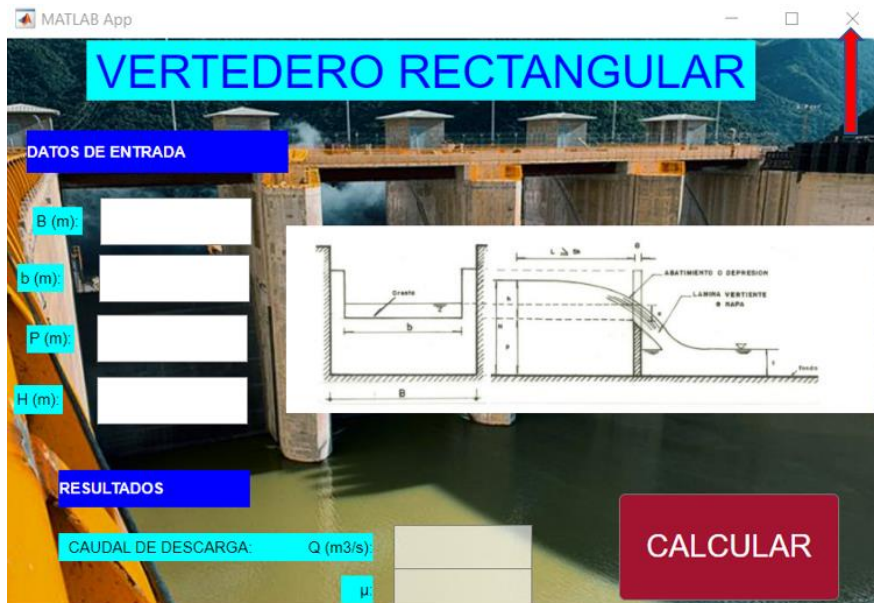
The diagram illustrates a rectangular weir structure with various dimensions labeled: B (total width), b (width of the crest), P (height of the crest), and H (water height above the crest). It also shows the flow profile over the weir, including the nappe and the downstream water surface profile with labels like 'ABATIMIENTO O DEPRESION' and 'LÍNEA VERTIENTE O NAPO'.

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.3.5 Dar clic en cerrar “X”, para regresar a la anterior pantalla.

Figura 24

Pantalla de Vertedero Rectangular



Nota Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.4 Resalto hidráulico

4.5.4.1 Dar clic en el icono “Resalto Hidráulico”

Figura 25

Pantalla Resalto Hidráulico



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.4.2 Se visualiza pantalla de Resalto hidraulico, se ingresa datos de entrada, dar clic en calcular y se obtiene Resultados

Figura 26

Pantalla de Resalto Hidráulico

**RESALTO HIDRAULICO
CANAL RECTANGULAR**

DATOS DE ENTRADA:

Ancho (b) m: Caudal (Q) m³/s: Froude fr:

RESULTADOS:

y1 (m):
y2 (m):

Energía:

E1(J): E2(J):

Eficiencia del resalto:

E1-E2 (J):

CALCULAR

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.4.2 Dar clic en cerrar “X”, para regresar a la anterior pantalla.

Figura 27

Pantalla de Resalto Hidráulico

**RESALTO HIDRAULICO
CANAL RECTANGULAR**

DATOS DE ENTRADA:

Ancho (b) m: Caudal (Q)m3/s: Froude fr:

RESULTADOS:

y1 (m):

y2 (m):

Energia:

E1(J): E2(J):

Eficiencia del resalto:

E1-E2 (J):

CALCULAR

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.5 Flujo gradualmente variado

4.5.5.1 Dar clic en el icono Flujo Gradualmente Variado

Figura 28

Pantalla de Inicio



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.5.2 Se visualiza pantalla de cálculo de flujo gradualmente variado, se ingresa datos de entrada, dar clic en calcular y obtendremos los resultados, con una curva tirante vs distancia.

Figura 29

Pantalla de Flujo Gradualmente Variado

Flujo Gradualmente Variado

Datos:

- Caudal (Q) m³/s:
- Talud (Z) m/m:
- Ancho de solera (b) m:
- Pendiente fondo (S₀) m/m:
- Rugosidad (n):
- Tirante inicial y₁:
- Tirante final y₂:
- Numero de tramos:

Calcular

Longitud del perfil (m):

Tipo de perfil:

The diagram shows a cross-section of a channel with a water surface profile. It labels the initial depth y₁, final depth y₂, and the difference in depth Δy = y₂ - y₁. It also shows the energy grade line (E₁, E₂) and the hydraulic grade line (h₁, h₂). The velocity head is labeled as V₁²/2g and V₂²/2g. The channel bed is labeled with 1 and 2, and the distance between them is labeled as L.

Nota Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.5.3 Dar clic en cerrar “X”, para regresar a la anterior pantalla.

Figura 30

Pantalla de Flujo Gradualmente Variado

The screenshot shows a MATLAB App window titled "MATLAB App" with a close button (X) in the top right corner, indicated by a red arrow. The app's main title is "Flujo Gradualmente Variado". It features a background image of a river with a weir. On the left, under the heading "Datos:", there are input fields for: Caudal (Q) m³/s, Talud (Z) m/m, Ancho de solera (b) m, Pendiente fondo (S₀) m/m, Rugosidad (n), Tirante inicial y₁, Tirante final y₂, and Numero de tramos. A central "Calcular" button is present. On the right, there are input fields for "Longitud del perfil (m)" and "Tipo de perfil". Above these fields is a diagram of a hydraulic profile showing energy levels (E₁, E₂), velocity heads (V₁²/2g, V₂²/2g), water depths (y₁, y₂), and a distance (L). The diagram also labels the head loss as h = ΔE and the change in depth as Δy = y₂ - y₁.

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.6 Pozo de disipación

4.5.6.1 Dar clic en Pozo de Disipación

Figura 31

Pantalla de Pozo de Disipación



Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.6.2 Se visualiza la pantalla de Pozo de disipación, ingresar datos de entrada, dar clic en calcular y finalmente obtendremos los resultados.

Figura 32

Pantalla Pozo de disipación

POZO DE DISIPACIÓN

Datos de ingreso:

Caudal Q : Carga hidráulica (H) : Ancho del pozo (b) m:

Altura de Pantalla (P) m: Profundidad del pozo (z) m:

Resultados:

Tirante en el pozo $(Y1)$: Tirante aguas abajo (Yn) :

Tirante conjugado $(Y2)$: Longitud del pozo (Lp) :

CALCULAR

Nota. Captura de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

4.5.6.3 Dar clic en cerrar “X”, para regresar a la anterior pantalla.

Figura 33

Pantalla Pozo de disipación

The screenshot shows a MATLAB App window titled "POZO DE DISIPACIÓN". The app interface includes a background image of a well structure. The "Datos de ingreso:" section contains five input fields: "Caudal Q", "Carga hidráulica (H)", "Ancho del pozo(b) m", "Altura de Pantalla (P) m", and "Profundidad del pozo (z) m". Below these is a diagram of a well with various parameters labeled: H (total head), P (screen height), Z (well depth), Y_1 (water level in the well), Y_2 (conjugate water level), Y_n (water level below), and L_p (well length). The "Resultados:" section contains four output fields: "Titante en el pozo (Y1)", "Titante aguas abajo (Yn)", "Titante conjugado (Y2)", and "Longitud del pozo (Lp)". A "CALCULAR" button is located at the bottom right. A red arrow points to the close button (X) in the top right corner of the MATLAB App window.

Nota. Captura a de la aplicación en Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

CAPÍTULO V

VERIFICACIÓN DE RESULTADOS CON LA HERRAMIENTA

5.1 Canales

Figura 34

Cálculo de diseño de Canal Rectangular

Datos de Entrada:

$$Q := 5 \frac{m^3}{s}$$

$$b := 5 \text{ m}$$

$$S_o := 0.001 \frac{m}{m}$$

$$n := 0.012$$

Resultados:

Cálculo del tirante normal

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt[2]{S_o}} - \frac{(b \cdot y)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2 \cdot y)^{\frac{2}{3}}} = 0 \xrightarrow{\text{solve, y}} 0.61016320683429845772$$

$$y_n := 0.6101 \text{ m}$$

Cálculo del Área

$$A := b \cdot y_n = 3.051 \text{ m}^2$$

Cálculo de Velocidad

$$V := \frac{Q}{A} = 1.639 \frac{m}{s}$$

Perímetro mojado

$$PM := b + 2 \cdot y_n = 6.22 \text{ m}$$

Radio hidráulico

$$RH := \frac{A}{PM} = 0.49 \text{ m}$$

Número de Reynolds

$$Re := \frac{1000 \cdot V \cdot RH}{0.001002} = 8.022 \cdot 10^5$$

Se utiliza la raíz real y positiva

$$y_c := 0.46713 \text{ m}$$

Cálculo del Área crítica

$$Ac := b \cdot y_c = 2.336 \text{ m}^2$$

Cálculo del Espejo de agua

$$Bc := b = 5 \text{ m}$$

Velocidad Régimen Crítico

$$V_c := \sqrt{9.81 \cdot \frac{Ac}{Bc}} = 2.141 \frac{m}{s}$$

Número de Froude

$$F := \frac{V}{\sqrt{9.81 \cdot \frac{A}{b}}} = 0.67$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 35

Cálculo de diseño de Canal Circular

Datos de Entrada:

$$Q := 2 \frac{m^3}{s}$$

$$D := 1.2 \text{ m}$$

$$S_o := 0.004 \frac{m}{m}$$

$$n := 0.012$$

Resultados:

Tirante normal

Cálculo del ángulo

$$Q - \frac{1}{n} \cdot \frac{(\theta - \sin(\theta)) \cdot D^2}{8} \cdot \left(\left(1 - \frac{\sin(\theta)}{\theta} \right) \cdot \frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, \theta} 3.7316239703383049$$

$$\theta := 3.731623 \text{ rad}$$

Cálculo del tirante normal

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot D - 2 \sqrt{y \cdot D - y^2} \xrightarrow{\text{solve}, y} \begin{bmatrix} 0.42554737929280618161 \\ 0.77445262070719381839 \end{bmatrix}$$

Elegir la menor raíz encontrada

$$y_n := 0.42554$$

Cálculo del Área

$$A := (\theta - \sin(\theta)) \cdot \frac{D^2}{8}$$

$$A = 0.772 \text{ m}^2$$

Cálculo de Velocidad

$$V := \frac{Q}{A}$$

$$V = 2.591 \quad \frac{m}{s}$$

Perímetro mojado

$$PM := \theta \cdot \frac{D}{2}$$

$$PM = 2.239 \quad m$$

Cálculo del Espejo de agua

$$B := \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot D$$

$$B = 1.148 \quad m$$

Radio hidráulico

$$RH := \frac{A}{PM}$$

$$RH = 0.345 \quad m$$

Número de Reynolds

$$Re := \frac{1000 \cdot V \cdot RH}{0.001002}$$

$$Re = 8.915 \cdot 10^5$$

Número de Froude

$$F := \frac{V}{\sqrt{9.81 \cdot \frac{A}{B}}} = 1.009$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 36

Cálculo de diseño de Canal Trapezoidal

Datos de Entrada:

$$Q := 5 \quad \frac{m^3}{s}$$

$$b := 5 \quad m$$

$$Z := 5 \quad \frac{m}{m}$$

$$So := 0.001 \quad \frac{m}{m}$$

$$n := 0.012$$

Resultados:

Cálculo del tirante normal

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt[2]{So}} - \frac{(b \cdot y + Z \cdot y^2)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + Z^2})^{\frac{2}{3}}} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, y} 0.494502730$$

$$yn := 0.4945 \quad m$$

Cálculo del Área

$$A := (b + Z \cdot yn) \cdot yn$$

$$A = 3.695 \quad m^2$$

Cálculo de Velocidad

$$V := \frac{Q}{A}$$

$$V = 1.353 \quad \frac{m}{s}$$

Perímetro mojado

$$PM := b + 2 \cdot yn \cdot \sqrt{1 + Z^2}$$

$$PM = 10.043 \quad m$$

Cálculo del Espejo de agua

$$B := b + 2 \cdot Z \cdot y_n$$

$$B = 9.945 \quad m$$

Radio hidráulico

$$RH := \frac{A}{PM}$$

$$RH = 0.368 \quad m$$

Número de Reynolds

$$Re := \frac{1000 \cdot V \cdot RH}{0.001002} = 4.969 \cdot 10^5$$

Cálculo del tirante crítico

$$\frac{Q^2}{9.81} - \frac{(b \cdot y_c + Z \cdot y_c^2)^3}{b + 2 \cdot y_c \cdot Z} = 0 \quad y_c := 0.40516 \quad m$$

Cálculo del Área crítica

$$Ac := (b + Z \cdot y_c) \cdot y_c$$

$$Ac = 2.847 \quad m^2$$

Espejo de Agua crítica

$$Bc := b + 2 \cdot Z \cdot y_c$$

$$Bc = 9.052 \quad m$$

Velocidad Régimen Crítico

$$V_c := \sqrt{9.81 \cdot \frac{Ac}{Bc}} = 1.756 \quad \frac{m}{s}$$

$$V_c = 1.756$$

Número de Froude

$$F := \frac{V}{\sqrt{9.81 \cdot \frac{A}{B}}} = 0.709$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 37

Cálculo de diseño de Canal Triangular.

Datos de Entrada:

$$Q := 5 \frac{m^3}{s}$$

$$Z := 5 \frac{m}{m}$$

$$So := 0.001 \frac{m}{m}$$

$$n := 0.012$$

Resultados:

Cálculo del tirante normal

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt[2]{So}} - \frac{(Z \cdot y^2)^{\frac{5}{3}}}{(2 y \cdot \sqrt{1 + Z^2})^{\frac{2}{3}}} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, y} 0.83095907199$$

$$yn := 0.8310 \quad m$$

Cálculo del Área

$$A := (Z \cdot yn^2) = 3.453$$

$$A = 3.453 \quad m^2$$

Cálculo de Velocidad

$$V := \frac{Q}{A}$$

$$V = 1.448 \quad \frac{m}{s}$$

Perímetro mojado

$$PM := 2 \cdot yn \cdot \sqrt{1 + Z^2}$$

$$PM = 8.475 \quad m$$

Cálculo del Espejo de agua

$$B := 2 \cdot Z \cdot y_n$$

$$B = 8.31 \quad m$$

Radio hidráulico

$$RH := \frac{A}{PM} = 0.407$$

$$RH = 0.407 \quad m$$

Número de Reynolds

$$Re := \frac{1000 \cdot V \cdot RH}{0.001002} = 5.888 \cdot 10^5$$

Cálculo del tirante crítico

$$\frac{Q^2}{9.81} - \frac{(Z \cdot y_c^2)^3}{2 \cdot y_c \cdot Z} = 0$$

Se utiliza la raíz real y positiva

$$y_c := 0.7275 \quad m$$

Cálculo del Área crítica

$$Ac := (Z \cdot y_c^2)$$

$$Ac = 2.646 \quad m^2$$

Espejo de Agua crítica

$$Bc := 2 \cdot Z \cdot y_c$$

$$Bc = 7.275 \quad m$$

Velocidad Régimen Crítico

$$V_c := \sqrt{9.81 \cdot \frac{Ac}{Bc}}$$

$$V_c = 1.889 \quad \frac{m}{s}$$

Número de Froude

$$F := \frac{V}{\sqrt{9.81 \cdot \frac{A}{B}}}$$

$$F = 0.717$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

5.2 Vertederos

Figura 38

Cálculo de diseño de Vertedero Rectangular con Contracción.

Cálculo del Caudal

Datos de entrada:

$$B := 2 \text{ m}$$

$$b := 2 \text{ m}$$

$$P := 6 \text{ m}$$

$$H := 5 \text{ m}$$

Resultados:

Cálculo del coeficiente "u"

$$u := \left(0.6075 - 0.045 \cdot \frac{B-b}{B} + \frac{0.0041 \text{ m}}{H} \right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \left(\frac{b}{B} \right)^2 \cdot \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \right) = 0.677$$

$$u = 0.677$$

Cálculo del Caudal

$$Q := \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot u \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}} = 44.732 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 44.732 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo de la Altura

Datos de entrada:

$$B. := 2 \quad m$$

$$b. := 2 \quad m$$

$$P. := 6 \quad m$$

$$Q. := 5 \quad \frac{m^3}{s}$$

Resultados:

Cálculo de la Altura

$$f(H.) := \left(0.6075 - 0.045 \cdot \frac{B. - b.}{B.} + \frac{0.0041}{H.} \right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \left(\frac{b.}{B.} \right)^2 \cdot \left(\frac{H.}{H. + P.} \right)^2 \right)$$

$$Q. - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot (f(H.)) \cdot B. \cdot H.^{\frac{3}{2}} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, H., \text{float}, 7} \begin{bmatrix} -4.037396 + 2.917504i \\ -4.037396 - 2.917504i \\ 1.230079 \end{bmatrix}$$

Elegir la raíz positiva

$$H. := 1.230079 \quad m$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 39

Cálculo de diseño de Vertedero Rectangular sin Contracción.

Cálculo del Caudal

Datos de entrada:

$$B := 2 \text{ m}$$

$$P := 6 \text{ m}$$

$$H := 5 \text{ m}$$

Resultados:

Cálculo del coeficiente "u"

$$u := \left(0.6075 + \frac{0.0041 \text{ m}}{H} \right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \right) = 0.677$$

$$u = 0.677$$

Cálculo del Caudal

$$Q := \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot u \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} = 44.732 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 44.732 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo de la Altura

Datos de entrada:

$$B. := 2 \quad m$$

$$P. := 1 \quad m$$

$$Q. := 5 \quad \frac{m^3}{s}$$

Resultados:

Cálculo de la Altura

$$f(H.) := \left(0.6075 + \frac{0.0041}{H.}\right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \left(\frac{H.}{H. + P.}\right)^2\right)$$
$$Q. - \frac{2}{3} \cdot \sqrt[2]{2 \cdot 9.81 \cdot (f(H.)) \cdot B. \cdot H.}^{\frac{3}{2}} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, H., \text{float}, 7} \begin{bmatrix} -0.8723225 - 0.4782936i \\ -0.8723225 + 0.4782936i \\ 1.129079 \end{bmatrix}$$

Elegir la raíz positiva

$$H. := 1.29078 \quad m$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

Figura 40

Cálculo de diseño de Vertedero Triangular.

Cálculo del Caudal

Datos de entrada:

$$B := 4 \text{ m}$$

$$P := 1 \text{ m}$$

$$H := 0.80 \text{ m}$$

Resultados:

Cálculo del ángulo

$$\theta := \text{atan}\left(\frac{B}{2H}\right) = 1.19$$

$$\theta = 1.19 \text{ rad}$$

Condiciones en función de los datos ingresados

Cálculo del coeficiente u

Se programa las condiciones de cálculo para el coeficiente u en función de los datos de entrada

$$u := \begin{cases} \text{if } 0.10 \text{ m} \leq H \leq 0.50 \text{ m} \\ \left(0.5812 + \frac{0.00375 \text{ m}}{H}\right) \left(1 + \left(\frac{H^2}{B \cdot (H+P)}\right)^2\right) \\ \text{else if } 3 \cdot H \leq P \wedge 8 \cdot H \leq B \\ 0.565 + \frac{0.0087}{H^{0.5}} \\ \text{else if } 0.05 \text{ m} \leq H \leq 0.25 \text{ m} \wedge 3 \cdot H \leq P \wedge 8 \cdot H \leq B \\ 0.58 \\ \text{else} \\ 0.58 \end{cases}$$

$$u = 0.58$$

A partir del valor del coeficiente u se calcula el caudal

Cálculo del Caudal

$$Q := \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot u \cdot H^{\frac{5}{2}} = 0.531 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0.531 \frac{m^3}{s}$$

Nota Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

5.3 Flujo gradualmente variado

Figura 41

Cálculo de diseño de Flujo Gradualmente Variado.

Datos de Entrada:

$$Q := 7 \frac{m^3}{s}$$

$$b := 2.5 \frac{m}{s^2}$$

$$S_o := 0.004 \frac{m^3}{s^2}$$

$$n := 0.014$$

$$y_1 := 2.4 \frac{m}{s}$$

$$y_2 := 1.5 \frac{m}{s}$$

$$nt := 6$$

Resultados

Calculo del diferencial que se utilizara

$$df := \frac{|y1 - y2|}{nt}$$

$$df = 0.15 \text{ m}$$

Determinar las condiciones del tipo de flujo

Flujo subcrítico

Flujo Supercrítico

Condiciones en función de y1 y y2

```
flujo := if y2 < y1
        || "Subcritico"
        else if y2 > y1
        || "Supercritico"
```

$flujo = \text{"Subcritico"}$

Condiciones para el tipo de perfil

```
perfil := if y2 < y1
          || "Tipo M"
          else if y2 > y1
          || "Tipo S"
          else if y2 = y1
          || "Tipo C"
          else if y1 = 0
          || "Tipo A"
```

$$perfil = \text{"Tipo M"}$$

Cálculo en el punto y1

Cálculo de Área 1

$$A1 := y1 \cdot b$$

$$A1 = 6 \text{ m}^2$$

Cálculo de perímetro mojado

$$PM1 := 2 \cdot y1 + b$$

$$PM1 = 7.3 \text{ m}$$

Radio Hidráulico

$$RH1 := \frac{A1}{PM1}$$

$$RH1 = 0.822 \text{ m}$$

$$R1 := RH1^{\frac{2}{3}}$$

$$R1 = 0.877 \text{ m}^{\frac{2}{3}}$$

Cálculo de la velocidad 1

$$V1 := \frac{Q}{A1}$$

$$V1 = 1.167 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo de pendiente la línea de energía

$$SE1 := \left(V1 \cdot \frac{n}{R1} \right)^2$$

$$SE1 = (3.465 \cdot 10^{-4}) \frac{\text{m}^{\frac{2}{3}}}{\text{s}^2}$$

Cálculo de energía

$$E1 := y1 + \frac{V1^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$E1 = 2.469 \text{ m}$$

Cálculo en el punto y2

Cálculo de Área 2

$$A2 := y2 \cdot b$$

$$A2 = 3.75 \text{ m}^2$$

Cálculo de perímetro mojado

$$PM2 := 2 \cdot y2 + b$$

$$PM2 = 5.5 \text{ m}$$

Radio Hidráulico

$$RH2 := \frac{A2}{PM2}$$

$$RH2 = 0.682 \text{ m}$$

$$R2 := RH2^{\frac{2}{3}}$$

$$R2 = 0.775 \text{ m}^{\frac{2}{3}}$$

Cálculo de la velocidad 2

$$V2 := \frac{Q}{A2}$$

$$V2 = 1.867 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo de pendiente la línea de energía

$$SE2 := \left(V2 \cdot \frac{n}{R2} \right)^2$$

$$SE2 = 0.001 \frac{\text{m}^{\frac{2}{3}}}{\text{s}^2}$$

Cálculo de energía

$$E2 := y2 + \frac{V2^2}{2 \cdot 9.81} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$E2 = 1.678 \text{ m}$$

Cálculo de la pendiente media de la línea de energía

$$Sm := \frac{SE1 + SE2}{2}$$

$$Sm = (7.423 \cdot 10^{-4}) \frac{\text{m}^{\frac{2}{3}}}{\text{s}^2}$$

Cálculo de la distancia

$$\Delta E := |E2 - E1|$$

$$\Delta E = 0.792 \text{ m}$$
$$\Delta x := \frac{\Delta E}{So - Sm} \cdot \frac{\text{m}^{\frac{2}{3}}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta x = 243.047 \text{ m}$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

5.4 Resalto hidráulico

Figura 42

Cálculo de diseño de Resalto Hidráulico.

Datos de entrada:

$$b := 2 \text{ m}$$

$$Q := 1.2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$fr := 5$$

Resultados

Cálculo de $y1$

$$y1 := \left(\frac{Q^2}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot b^2 \cdot fr^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$y1 = 0.114 \text{ m}$$

Cálculo de Área 1

$$A1 := y1 \cdot b$$

$$A1 = 0.227 \text{ m}^2$$

Cálculo de $y2$

$$y2 := \frac{y1}{2} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \cdot fr^2} \right)$$

$$y2 = 0.749 \text{ m}$$

Cálculo de Área 2

$$A2 := y2 \cdot b$$

$$A2 = 1.498 \text{ m}^2$$

Cálculo de Energías

Energía 1

$$E1 := y1 + \frac{Q^2}{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot A1^2}$$

$$E1 = 1.534 \text{ m}$$

Energía 2

$$E2 := y2 + \frac{Q^2}{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot A2^2}$$

$$E2 = 0.782 \text{ m}$$

Cálculo de la Eficiencia

$$E := E1 - E2$$

$$E = 0.753 \text{ m}$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

5.5 Pozo de disipación

Figura 43

Cálculo de diseño de Pozo de Disipación.

Datos de Entrada:

$$Q := 24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H := 1 \text{ m}$$

$$b := 3.5 \text{ m}$$

$$P := 2.5 \text{ m}$$

$$z := 0.50 \text{ m}$$

Resultados

Cálculo tirante y_1

$$y_1 := \text{root} \left(y_1^3 - \left(\frac{1}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot \frac{Q^2}{b^2 (P+H)^2} + z + P + H \right) y_1^2 + \frac{1.1}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot \frac{Q^2}{b^2}, y_1 \right)$$

$$y_1 = 0.893 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad

$$V := \frac{Q}{b \cdot y_1}$$

$$V = 7.675 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de Froude:

$$fr := \frac{V}{\sqrt{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot y_1}}$$

$$fr = 2.592$$

Cálculo tirante conjugado y_2

$$y_2 := \frac{y_1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot f \cdot r^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = 2.859 \text{ m}$$

Cálculo del tirante aguas abajo

$$y_m := y_2 - z$$

$$y_m = 2.359 \text{ m}$$

Longitud del pozo de disipación

$$L_p := 5 \cdot (y_2 - y_1)$$

$$L_p = 9.828 \text{ m}$$

Nota. Verificación manual de la aplicación Matlab. Elaborado por: Las Autoras.

CONCLUSIONES

Al contar con la aplicación de programación en Matlab para cálculo de diseño hidráulico, se puede comprobar que es una herramienta didáctica que permitirá al usuario poder resolver de manera eficiente los ejercicios prácticos planteados de los temas abordados dentro del proyecto de titulación, además que permite mejorar el aprendizaje de los temas abordados dentro de la aplicación.

Con el desarrollo del diseño de aplicaciones en Matlab, basándonos en los temas abordados de diseño hidráulico, se logra diferenciar tanto los datos de entrada como los resultados obtenidos que nos presenta el programa, esto ayudará a mejorar la rapidez en la resolución de ejercicios al usuario.

La eficacia y eficiencia del programa queda verificada, puesto que se a realizado un cálculo manual con la ayuda del programa Mathcad detallando paso a paso cada uno de los temas dentro del marco teórico, y comprobando la funcionalidad de la aplicación en Matlab.

Con la guía de usuario propuesta, el usuario podrá hacer un mejor uso de la aplicación, puesto que se detalla los pasos a seguir dentro de la misma, para así poder aprovechar de mejor manera la funcionalidad al momento de hacer uso de la aplicación.

RECOMENDACIONES

Conocer y tener claro los conceptos básicos de Diseño Hidráulico, antes de empezar a utilizar la aplicación en Matlab.

Previo al uso de la aplicación revisar la guía de usuario para una mayor funcionalidad de la aplicación y apoyarse en la misma durante el uso de la aplicación.

Realizar comparativos entre la resolución manual y con la aplicación para poder comparar y verificar resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amos Gilat. (2014). *Matlab Introducción con Aplicaciones*. USA: Wiley
<https://www.amazon.com/MATLAB-Introduction-Applications-Amos-Gilat/dp/1118629868>
- Arias Mijail. (2017). *Hydraulic design of stilling basins and energy dissipators*. Colorado: Colorado,USA
<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n3/1680-0338-riha-39-03-108.pdf>
- Arias Mijail. (2018). *Guía para prácticas de Laboratorio de Hidráulica vertedero de cresta gruesa*. Riobamba: Espol-Fict
<https://es.scribd.com/document/386673589/2a1-flujo-en-vertederos-cr-gruesa-pdf#>
- Cabrea Cevallos. (2017). *Elaboración de un software en base a Matlab para el cálculo y diseño de las macizas y nervadas*. [Proyecto tecnico, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25260>
- Cadavid Juan H. (2009). *Hidráulica De Canales Fundamentales*. Medellín: Fondo Editorial Universitario
https://www.academia.edu/38208017/Hidraulica_de_Canales_Juan_H_Cadavid_R
- Cuevas Erik. (2016). *Algoritmos Programados con Matlab*. España: Universidad Complutense de Madrid
<https://www.alfaomega.com.mx/default/catalogo/servicios-ao/optimizacion-algoritmos-programados.html>
- Duarte Carlo A. (2016). *Matlab Básico*. Riobamba: La Caracola Editores
<http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-18-225406-68%20Libro%20Matlab%20basico.pdf>
- Gmbh Geratebau. (2015). *Hidráulica para ingenieros civiles*. Alemania: Hanskampring Barsbittel
<https://www.sidilab.com/media/files/Catalogue%204b%20Spanish.pdf>
- Guayasamin Alexander. (2020). *Diseño hidráulico para el mejoramiento y rehabilitación del sistema de riego de la comuna san vicente alto, ubicada en la parroquia cangahua, cantón cayambe*. [Proyecto técnico, Universidad Politécnica Salesiana]
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19353/1/UPS%20-%20TTS190.pdf>

- Máximo Villón de Canales. (2014). *Hidráulica de Canales*. Lima: Tecnológica de Costa Rica
<https://es.slideshare.net/simonmelgarejo/libro-de-hidraulica-de-canales-maximo-villon>
- Pardo Gómez. (2018). *Disipadores de energía-parte II*. Calí: Ingeniería Hidraulica CIH
<https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/460>
- Pazmiño Alexandra, J. T. (2018). *Matlab Básico*. Riobamba: La Caracola Editores
<http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-18-225406-68%20Libro%20Matlab%20basico.pdf>
- Pedroza Edmundo. (2018). *Hidráulica Básica*. Jiutepec: Germa Allín Martínez Ocampo
https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/hidraulica/Libro-hidraulica-basica.pdf
- Sigcha Miriam. (2016). *El software matlab en las simulaciones matemáticas de las tendencias y comportamientos de las variables financieras y económicas en los estudiantes, de la carrera de ingeniería comercial de la universidad técnica de cotopaxí*. [Proyecto técnico, Universidad Técnica de Cotopaxi]
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2163/1/T-UTC-3872.pdf>
- Chacha Pablo (2019). *Análisis comparativo de las alternativas de disipación de la energía hidráulica aguas abajo de los desagües anexos a presas pequeñas y medianas*[Artículo científico, Universidad Politécnica Salesiana]
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17730/1/UPS%20-%20ST004315.pdf>

GLOSARIO

Hidráulica: es parte de la mecánica que estudia el equilibrio y los movimientos de los fluidos.

Resalto hidráulico: Es el cambio brusco de un flujo en régimen supercrítico a subcrítico.

Matlab: Es un sistema de computo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado.

Lenguaje de programación: Especifica los datos que deben ejecutar los diferentes softwares existentes.

A continuación, se nombrará cada una de las variables utilizadas dentro de la aplicación:

(Z): Talud

(So): Pendiente de fondo

(Q): Caudal

(z): Profundidad del pozo

(B): Ancho del canal

(b): Ancho del vertedero

(P): Altura de vertedero

(H): Carga Hidráulica sobre la cresta

(Y1): Tirante en el pozo

(Y2): Tirante Conjugado

(Yn): Tirante aguas abajo

(Lp): Longitud del pozo

(n): Rugosidad

(A): Área Hidráulica

(V): Velocidad

(Re): Régimen de flujo

(y): Tirante crítico

(Fr): Número de Froude

(u): Coeficiente de gasto

θ (teta): Ángulo convexo comprendido en el canal triangular

(E): Energía

(E1-E2): Eficiencia del resalto hidráulico

ANEXOS

Programación para cálculo de diseño de un canal rectangular

```
%CÁLCULO DE TIRANTE NORMAL
% Función que define la ecuación a resolver
func = @(yn) (Q * n / sqrt(So)) - ((b * yn)^(5/3)) / (b + 2 * yn)^(2/3);

% Intervalo para buscar el valor de yn
yn_lower = 0;
yn_upper = 10;

% Resuelve la ecuación numéricamente utilizando el método de bisección
yn_value = fzero(func, [yn_lower, yn_upper]);

% Encuentra el máximo valor de yn
max_root1 = max(yn_value);

app.t8.Value = sprintf('%.4f', max_root1);
yn= max_root1;

%CÁLCULO DE AREA
    multi = (b*yn);
    app.t3.Value = num2str(multi);
    A=multi;
%CÁLCULO DE VELOCIDAD
    multi1= Q/A;
    app.t7.Value = num2str(multi1);
    V= multi1;
```

Anexo 1.

Programación para cálculo de diseño de un canal rectangular

%CÁLCULO DE TIRANTE CRITICO

```
func1 = @(yc) (Q^(2)/9.81) - ((b * yc)^(3)) / (b);  
yc_lower = 0;  
yc_upper = 10;  
yc_value = fzero(func1, [yc_lower, yc_upper]);  
max_root2 = max(yc_value);  
app.t4.Value = sprintf('%.4f', max_root2);  
yc= max_root2;
```

%CÁLCULO DE AREA CRITICA

```
multi = b*yc;  
Ac=multi;
```

%CÁLCULO DE ESPEJO DE AGUA CRITICA

```
Bc = b;
```

%VELOCIDAD REGIMEN CRITICO

```
multi7 = sqrt(9.81*(Ac/Bc));  
app.t9.Value = num2str(multi7);
```

%Número de Froude

```
multi3= V/sqrt(9.81*A/b);  
app.t6.Value = num2str(multi3);
```

Anexo 2.

Programación para cálculo de diseño de un canal rectangular

```
        app.t61.Value = '';
if multi3 < 1
    app.t61.Value = 'Subcrítico';
elseif multi3 > 1
    app.t61.Value = 'Supercrítico';
elseif multi3 == 1
    app.t61.Value = 'Crítico';
end

%PERIMETRO MOJADO
multi4 = b+2*yn;
PM=multi4;

% RADIO H
multi5 = A/PM;
RH=multi5;

%REYNOLDS
multi6 = (1000*V*RH)/(0.001002);
app.t5.Value = num2str(multi6);
```

Anexo 3.

Programación para cálculo de diseño de un canal triangular

```
%CÁLCULO DE TIRANTE NORMAL
% Función que define la ecuación a resolver
func = @(yn) (Q * n / sqrt(So)) - ((Z * yn^2)^(5/3)) / (2 * yn * sqrt(1 + Z^2))^(2/3);

% Intervalo para buscar el valor de yn
yn_lower = 0.000001;
yn_upper = 10;

% Resuelve la ecuación numéricamente utilizando el método de bisección
yn_value = fzero(func, [yn_lower, yn_upper]);

% Encuentra el máximo valor de yn
max_root1 = max(yn_value);

app.t8.Value = sprintf('%.4f', max_root1);
yn= max_root1;

%CÁLCULO DE AREA
multi = (Z * yn^2);
app.t3.Value = num2str(multi);
A=multi;

%CÁLCULO DE VELOCIDAD
multi1= Q/A;
app.t7.Value = num2str(multi1);
V= multi1;
```

Anexo 4.

Programación para cálculo de diseño de un canal triangular

```
%CÁLCULO DE TIRANTE CRITICO

func1 = @(yc) (Q^(2)/9.81) - ((Z * yc^(2))^(3)) / (2 * yc * Z );
yc_lower = 0.00001;
yc_upper = 10;
yc_value = fzero(func1, [yc_lower, yc_upper]);
max_root2 = max(yc_value);
app.t4.Value = sprintf('%.4f', max_root2);
yc= max_root2;

%CÁLCULO DE AREA CRITICA
multi = (Z*yc)*yc;
Ac=multi;

%CÁLCULO DE ESPEJO DE AGUA CRITICA
Multi2 = 2* Z * yc;
Bc = Multi2;

%VELOCIDAD REGIMEN CRITICO
multi7 = sqrt(9.81*(Ac/Bc));
app.t9.Value = num2str(multi7);
```

Anexo 5.

Programación para cálculo de diseño de un canal triangular

```
%Número de Froude
multi3= V/sqrt(9.81*A/(2*Z*yn));
app.t6.Value = num2str(multi3);

app.t61.Value = '';
if multi3 < 1
    app.t61.Value = 'Subcrítico';
elseif multi3 > 1
    app.t61.Value = 'Supercrítico';
elseif multi3 == 1
    app.t61.Value = 'Crítico';
end

%PERIMETRO MOJADO
multi4 = 2*yn*(sqrt(1+Z^2));
PM=multi4;

% RADIO H
multi5 = A/PM;
RH=multi5;

%REYNOLDS
multi6 = (1000*V*RH)/(0.001002);
app.t5.Value = num2str(multi6);
```

Anexo 6.

Programación para cálculo de diseño de un canal trapezoidal

```
%CÁLCULO DE TIRANTE NORMAL

func = @(yn) (Q * n / sqrt(So)) - ((b * yn + Z * yn^2)^(5/3)) / (b + 2 * yn * sqrt(1 + Z^2))^(2/3);

% Intervalo para buscar el valor de yn
yn_lower = 0.001;
yn_upper = 20;

% Resuelve la ecuación numéricamente utilizando el método de bisección
yn_value = fzero(func, [yn_lower, yn_upper]);

% Encuentra el máximo valor de yn
max_root1 = max(yn_value);

app.t8.Value = sprintf('%.4f', max_root1);
yn= max_root1;

%CÁLCULO DE AREA
multi = (b+Z*yn)*yn;
app.t3.Value = num2str(multi);
A=multi;
%CÁLCULO DE VELOCIDAD
multi1= Q/A;
app.t7.Value = num2str(multi1);
V= multi1;

%CÁLCULO DE ESPEJO DE AGUA
Multi2 = b + 2* Z * yn;
B = Multi2;
```

Anexo 7.

Programación para cálculo de diseño de un canal trapezoidal

%CÁLCULO DE TIRANTE CRITICO

```
func1 = @(yc) (Q^(2)/9.81) - ((b * yc + Z * yc^(2))^3) / (b + 2 * yc * Z );  
yc_lower = 0.00001;  
yc_upper = 10;  
yc_value = fzero(func1, [yc_lower, yc_upper]);  
max_root2 = max(yc_value);  
app.t4.Value = sprintf('%.4f', max_root2);  
yc= max_root2;
```

%CÁLCULO DE AREA CRITICA

```
multi = (b+Z*yc)*yc;  
Ac=multi;
```

%CÁLCULO DE ESPEJO DE AGUA CRITICA

```
Multi2 = b + 2* Z * yc;  
Bc = Multi2;
```

%VELOCIDAD REGIMEN CRITICO

```
multi7 = sqrt(9.81*(Ac/Bc));  
app.t9.Value = num2str(multi7);
```

Anexo 8.

Programación para cálculo de diseño de un canal trapezoidal

```
%Número de Froude
multi3= V/sqrt(9.81*A/B);
app.t6.Value = num2str(multi3);

app.t61.Value = '';
if multi3 < 1
    app.t61.Value = 'Subcrítico';
elseif multi3 > 1
    app.t61.Value = 'Supercrítico';
elseif multi3 == 1
    app.t61.Value = 'Crítico';
end

%PERIMETRO MOJADO
multi4 = b+2*yn*(sqrt(1+Z^2));
PM=multi4;

% RADIO H
multi5 = A/PM;
RH=multi5;

%REYNOLDS
multi6 = (1000*V*RH)/(0.001002);
app.t5.Value = num2str(multi6);
```

Anexo 9.

Programación para cálculo de diseño de un canal circular

```
%TIRANTE NORMAL%
syms th

%Calulo del angulo tirante normal
multix = solve(Q == 1/n * (((th - sin(th)) * D^2)/8)*((1- (sin(th)/th))* (D/4))^(2/3) * So^(1/2),th);
multix = double(multix);
max_root = min(multix);
th=max_root;

syms yn

%CÁLCULO DE TIRANTE NORMAL
multiyn = solve((sin(th/2))* D == 2* sqrt(yn*(D-yn)),yn);
multiyn = double(multiyn);
root = min(multiyn);
app.t8.Value = sprintf('%5f', root);
yn=root;

%
%CÁLCULO DE AREA
multi = (th-sin(th))*(D^2/8);
app.t3.Value = num2str(multi);
A=multi;

%CÁLCULO DE VELOCIDAD
multi1= Q/A;
app.t7.Value = num2str(multi1);
V= multi1;
```

Anexo 10.

Programación para cálculo de diseño de un canal circular

```
%TIRANTE CRITICO

syms thc

%Calulo del angulo tirante critico
multix1 = solve((Q^2/9.81) == (((thc - sin(thc)) * D^2)/8)^3 / (D*sin(thc/2)),thc);
multix1 = double(multix1);
max_rootc = min(multix1);
thc=max_rootc;

syms yc

%CÁLCULO DE TIRANTE CRITICO
multiyc = solve((sin(thc/2))* D == 2* sqrt(yc*(D-yc)),yc);
multiyc = double(multiyc);
rootyc = min(multiyc);
yc=rootyc;

%Espejo de Agua
T= sin(th/2)*D;

%Número de Froude
multi3= V/sqrt(9.81*A/T);
app.t6.Value = num2str(multi3);

app.t61.Value = '';
if multi3 < 1
    app.t61.Value = 'Subcrítico';
elseif multi3 > 1
    app.t61.Value = 'Supercrítico';
elseif multi3 == 1
    app.t61.Value = 'Crítico';
end
```

Anexo 11.

Programación para cálculo de diseño de un canal circular

```
app.t61.Value = '';
if multi3 < 1
    app.t61.Value = 'Subcrítico';
elseif multi3 > 1
    app.t61.Value = 'Supercrítico';
elseif multi3 == 1
    app.t61.Value = 'Crítico';
end

%PERIMETRO MOJADO
multi4 = th * D/2;
PM=multi4;

% RADIO H
multi5 = A/PM;
RH=multi5;

%REYNOLDS
multi6 = (1000*V*RH)/(0.001002);
app.t5.Value = num2str(multi6);

%VELOCIDAD REGIMEN CRITICO
multi7 = sqrt(9.81*yc);
```

Anexo 12.

Programación para cálculo de diseño de un vertedero rectangular con contracción

```
%CALCULO DE u
multi2= (0.6075 - 0.045*((B-b)/B) + 0.0041/H) * (1 + 0.55*((b/B)^2) * ((H/(H+P))^2));
app.t2.Value = num2str(multi2);
u=multi2;

%CAUDAL
multi3 = (2/3) * sqrt(2*9.81) * u * b * H^(3/2);
app.t1.Value = num2str(multi3);
```

Anexo 13.

Programación para cálculo de diseño de un vertedero rectangular sin contracción

```
%CALCULO DE u
multi= (0.6075 + 0.0041/H) * (1 + 0.55 * (H/(H+P))^2);
app.t2.Value = num2str(multi);
u=multi;

%CAUDAL
multi1 = (2/3) * sqrt(2*9.81) * u * B* H^(3/2);
app.t1.Value = num2str(multi1);
```

Anexo 14.

Programación para cálculo de diseño de resalto hidráulico rectangular

```
syms z
multi = ((Q^2)/(9.81*(b^2)*(fr^2)))^(1/3);
app.t1.Value = sprintf('%.2f',multi);
y1=multi;

multi2 = y1*b;
A1=multi2;

multi5 = (y1/2)*(-1+sqrt(1+8*(fr^2)));
multi5 = double(multi5);
app.t3.Value = sprintf('%.4f',multi5);
y2=multi5;

multi6 = y2*b;
multi6= double(multi6);
A2= multi6;

multi7 = y1+(Q^2/(2*9.81*(A1)^2));
app.t5.Value = num2str(multi7);
E1 = multi7;

multi8 = y2+(Q^2/(2*9.81*(A2)^2));
app.t6.Value = num2str(multi8);
E2 = multi8;

multi9 = (E1-E2);
app.t7.Value = sprintf('%.2f',multi9);

end
```

Anexo 15.

Programación para cálculo de diseño para flujo gradualmente variado

```
df=(y1-y2)/nt;  
y= y2:df:y1;  
  
%CÁLCULO DE AREA  
    multi = (b+Z.*y).*y;  
    A=multi;  
  
%CÁLCULO DE VELOCIDAD  
    multi1= Q./A;  
    V = multi1;  
  
%CÁLCULO DE ESPEJO DE AGUA  
    Multi2 = b + 2.* Z * y;  
    B = Multi2;  
  
%PERIMETRO MOJADO  
    multi4 = b+2.*y.*(sqrt(1+Z^2));  
    PM=multi4;  
  
% RADIO H  
    multi5 = A./PM;  
    RH = multi5;
```

Anexo 16.

Programación para cálculo de diseño para flujo gradualmente variado

```
%LONGITUD  
  
L= (y1-y2)*nt;  
app.t1.Value = num2str(L);
```

Anexo 17.

Programación para cálculo de diseño para flujo gradualmente variado

```
    app.t61.Value = '';
if y2 < y1
    app.t61.Value = 'Flujo Subcrítico';
elseif y2 > y1
    app.t61.Value = 'Flujo Supercrítico';
end

    app.t2.Value = '';
if y2 < y1
    app.t2.Value = 'Perfil tipo M ';
elseif y2 > y1
    app.t2.Value = 'Perfil tipo S';
elseif y2 == y1
    app.t2.Value = 'Perfil tipo C ';
elseif y1 == 0
    app.t2.Value = 'Perfil tipo A';
end
```

Anexo 18.

Programación para cálculo de diseño para flujo gradualmente variado

```
x = zeros(1, nt + 1);
y = zeros(1, nt + 1);

% Cálculo de la curva de remanso utilizando el método directo
for i = 1:nt
    dx = L / nt;
    A = Q / (y1 * sqrt(So));
    P = (A^(5/3)) / (n^2.5);
    y(i+1) = fsolve(@(yi) A - (P * yi^(5/3) / (So^(1/2) + Z * (y1 - yi) / dx)), y(i));
    x(i+1) = x(i) + dx;
end

% Interpolación para obtener una curva suave.
x_interp = linspace(x(1), x(end), 1000);
y_interp = interp1(x, y, x_interp, 'spline');

% Graficar la curva de remanso suave.
plot(x_interp, y_interp, 'b');
xlabel('Distancia (m)');
ylabel('Tirante (m)');
title('Curva de Perfil - Método Directo (Curva Suave)');
grid on;
```

Anexo 19.

Programación para cálculo de diseño para pozo de disipación

```
y_raiz = roots([1, -((1/(2*9.81)) * (Q^2 / (b^2 * (P + H)^2) + z + P + H)), 0, (1.1/(2*9.81)) * (Q^2 / (b^2))]);
y_pos_raiz = y_raiz(y_raiz > 0);

% Encuentra la raíz menor
y_1 = min(y_pos_raiz);
app.t1.Value = sprintf('%.4f', y_1);

%Velocidad
V= Q / (b * y_1);

%Número de Froude
Fr= V / (sqrt(9.81 * y_1));

% Tirante del conjugado y2
y_2 = (y_1) * (sqrt( 1 + 8 * Fr^2) -1);
app.t2.Value = sprintf('%.4f', y_2);

%Tirante aguas abajo
yn= y_2 - z;
app.t3.Value = sprintf('%.4f', yn);

%longitud del pozo
Lp= 5*(y_2-y_1);
app.t4.Value = sprintf('%.4f', Lp);

end
```

Anexo 20.

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD



Derly Karolina Castro Soria
C.I. 0503654667



Evelyn Estefanía Monta Juña
C.I. 1722538988



Ing. María Gabriela Soria Pugo

1803981214