

Design study for hydraulic energy dissipator in streams using Autodesk CFD

Alejos López Martín Sebastián¹, Trujillo Torres Carlos Lenin², Carmona Arteaga Abel³
Universidad Privada del Norte, Perú, N00277298@upn.pe¹, N00288546@upn.pe², abel.carmona@upn.edu.pe³

Abstract– The main objective of the research project is to analyze energy dissipation in streams to evaluate energy control, using the Autodesk CFD tool. The aim is to understand how energy dissipation can contribute to reducing the flow velocity of the water. Simulations will be conducted using Autodesk CFD, considering variables such as stream geometry, water flows, and the shape of the dissipators. The results of the simulations will allow for a better understanding of how the dissipators interact with the stream current. The theoretical framework will be based on academic sources that address key concepts of energy dissipation, flows, pressure, among others.

Keywords-- Hydraulic dissipation, Autodesk CFD, laminar flow, turbulent flow.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Estudio de diseño para disipador de energía hidráulica en quebradas utilizando Autodesk CFD

Alejos López Martín Sebastián¹, Trujillo Torres Carlos Lenin², Carmona Arteaga Abel³
Universidad Privada del Norte, Perú, N00277298@upn.pe¹, N00288546@upn.pe², abel.carmona@upn.edu.pe³

Abstract– *The main objective of the research project is to analyze energy dissipation in streams to evaluate energy control, using the Autodesk CFD tool. The aim is to understand how energy dissipation can contribute to reducing the flow velocity of the water. Simulations will be conducted using Autodesk CFD, considering variables such as stream geometry, water flows, and the shape of the dissipators. The results of the simulations will allow for a better understanding of how the dissipators interact with the stream current. The theoretical framework will be based on academic sources that address key concepts of energy dissipation, flows, pressure, among others.*

Keywords– *Hydraulic dissipation, Autodesk CFD, laminar flow, turbulent flow.*

Resumen– *El proyecto de investigación tiene como objetivo principal analizar la disipación de energía en quebradas para evaluar el control de la energía, utilizando la herramienta Autodesk CFD. Se busca comprender cómo la disipación de energía puede contribuir a reducir la velocidad del flujo del agua. Se realizarán simulaciones utilizando Autodesk CFD, considerando variables como la geometría de la quebrada, los flujos del agua y la forma de los disipadores. Los resultados de las simulaciones permitirán identificar de mejor manera una aproximación de cómo podría resultar la interacción de los disipadores frente a la corriente de la quebrada. El marco teórico se basará en fuentes académicas que abordan los conceptos clave de disipación de energía, flujos, presión, entre otros.*

Palabras clave– *disipación hidráulica, AutodeskCFD, flujo laminar, flujo turbulento.*

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el control de los caudales en zonas de quebradas o algunos canales no se toma tanto enfoque, pero una velocidad alta podría generar erosiones, desgastes y en la ingeniería civil, puede perjudicar estructuras que estén interactuando con las fuerzas del agua. Ahora en épocas del Fenómeno del Niño suele precipitar más agua debido a las lluvias y generar accidentes a la población que viva cerca de cuerpos de agua.

Además, la falta de agua es un problema serio en Perú, debido a la distribución irregular de las lluvias, la infraestructura insuficiente para el suministro y el uso ineficiente del recurso. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, el 70% de los peruanos residen en áreas con escasez de agua.

En este escenario, los disipadores de energía pueden jugar un papel vital. Estos dispositivos pueden ayudar a regular el

flujo de agua, reduciendo así la erosión, preservación del agua, entre otros beneficios. No obstante, su diseño e implementación deben realizarse con precaución para evitar impactos negativos en el medio ambiente y garantizar que las estructuras continúen funcionando eficientemente.

Los disipadores de energía son dispositivos diseñados para disminuir la energía cinética en un flujo, evitando así el riesgo de socavación de las estructuras y las obras ubicadas aguas abajo. Estos dispositivos son esenciales en la construcción de estructuras hidráulicas.

En Perú, los disipadores de energía se utilizan en diversas aplicaciones, especialmente en el contexto de la ingeniería sísmica. Los sistemas de aislamiento y disipadores sísmicos se utilizan para aislar los edificios de los movimientos que pueden producirse en el suelo durante un terremoto, lo que les proporciona una mayor flexibilidad. Los disipadores de energía aumentan la capacidad de disipación de energía de los edificios, al igual que ocurre con un automóvil o una bicicleta en movimiento.

Además, Perú tiene un gran potencial para desarrollar energías renovables. Las fuentes de producción en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) han sido predominantemente renovables. Según Osinergmin, la predominancia de fuentes renovables ha sido notable, pasando del 91% de participación hidroeléctrica en 1993 al 76,2% en 2004 y al 50% en 2015.

Es importante mencionar que cualquier intervención en un río o canal debe realizarse con cuidado para minimizar los impactos ambientales negativos. Siempre es recomendable consultar con las autoridades ambientales locales antes de iniciar cualquier proyecto para ver si hay restricciones ambientales que debes tener en cuenta.

II. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

En respuesta a los desafíos planteados, el propósito de este estudio es simular las velocidades y presiones de una corriente de agua en reacción con los disipadores de energía utilizando el software de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). Con los resultados podremos identificar el flujo del agua en función a si es turbulento o laminar.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Autodesk CFD

El software Autodesk CFD crea simulaciones del comportamiento de fluidos computacional que los ingenieros y analistas utilizan para predecir de manera aproximada e

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

inteligente cómo se comportarán los líquidos y gases a unas circunstancias específicas [1].

3.2 Autodesk Inventor

Este programa ofrece herramientas profesionales para modelado mecánico 3D, documentación y simulación. Cuenta con amplios materiales y herramientas predefinidas para la representación virtual del producto final [2].

3.3 Modelado y simulación

Engloba el proceso de desarrollar un modelo digital del canal y simular el comportamiento del flujo de agua en él. Tanto la modelización y simulación representan conceptos fundamentales para la ejecución del presente estudio.

3.4 Disipación de energía

Representa la pérdida de energía en un sistema debido a diversos mecanismos como la fricción, la turbulencia, entre otros. En este caso, se busca comprender cómo la disipación de energía puede incidir al control de la erosión en canales [3].

3.5 Erosión

Describe el desgaste y remoción del suelo o material de un canal provocado por la acción del flujo de agua. Constituye un fenómeno de relevancia que debe ser analizado para determinar la eficacia de las medidas de control [4].

3.6 Geometría del canal

Hace referencia a la forma y características geométricas del canal, como su anchura, profundidad, pendiente, entre otros. Esta variable puede tener un impacto significativo en la disipación de energía y en la erosión [5].

3.7 Número de Reynolds

El número de Reynolds es la relación de la fuerza de inercia presente en un elemento de fluido sobre la fuerza viscosa. Es uno de varios números adimensionales que son útiles en el estudio de la mecánica de fluidos y de la transferencia de calor. Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que es posible predecir si el flujo es laminar o turbulento siempre que se conozca la magnitud de un número adimensional [4].

$$N_R = \frac{\rho * v * D_P}{\mu} \quad \dots (1)$$

$$D_P = \frac{4 * a * b}{2 * a + b} \quad \dots (2)$$

N_R : número de Reynolds

ρ : densidad del fluido

v : velocidad del fluido

μ : viscosidad dinámica

D_P : diámetro hidráulico

3.8 Flujo laminar

Es cuando la velocidad de un fluido es muy baja, el flujo parece suave y constante. A esto se le llama flujo laminar, un término derivado de la palabra capa, porque el fluido parece estar fluyendo en capas continuas con poca o ninguna mezcla de una capa con las capas adyacentes. El modelo de simulación de flujo laminar en CFD es uno predeterminado y discreto, para que el flujo sea laminar debe cumplir con que $R_E \leq 2300$ [6].

3.9 Flujo turbulento

En este caso la velocidad del fluido es alta, en la apreciación se observa mezclas de capas sin algún orden. El número de Reynolds de este flujo debe ser $R_E \geq 4000$ [6].

3.10 Modelo SST K-Omega SAS (Turbulento)

Es una variante del modelo KW-SST utilizado en las simulaciones basadas en SAS. Se caracteriza por incorporar restricciones respecto a la realidad para evitar la anomalía del punto de estancamiento. El SAS, que significa escala de subred, se utiliza para capturar de manera más precisa los efectos turbulentos en el flujo [9].

3.11 Ecuaciones de Navier - Stokes

Esta es la operación para hallar la cantidad de movimiento para solo una partícula de fluido, La ecuación de Navier-Stokes es la base de la mecánica de fluidos. Se basa de una ecuación diferencial parcial de segundo orden, no lineal y no estacionaria. Esta ecuación tiene varias incógnitas, aunque representa más a tres ecuaciones de manera vectorial. Aún no se llega a su resultado, pero en términos de descarte es lo que utiliza el programa Autodesk CFD para llegar a una simulación del comportamiento de los fluidos [7].

$$\rho \frac{D_u}{D_t} = \left(-\frac{\partial P}{\partial x} \right) + (\rho * g_x) + (\mu * \nabla^2 * u) \quad \dots (3)$$

$$\rho \frac{D_v}{D_t} = \left(-\frac{\partial P}{\partial y} \right) + (\rho * g_y) + (\mu * \nabla^2 * v) \quad \dots (4)$$

$$\rho \frac{D_w}{D_t} = \left(-\frac{\partial P}{\partial z} \right) + (\rho * g_z) + (\mu * \nabla^2 * w) \quad \dots (5)$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad \dots (6)$$

Estas ecuaciones están con las componentes de manera vectorial, las ecuaciones 3, 4 y 5. Están a las componentes de x, y, z respectivamente. La ecuación 6 es el operador laplaciano que está hecha de diferenciales en componentes de vectores en coordenadas cilíndricas.

3.12 Fuerzas de arrastre

El arrastre es una fuerza de resistencia experimentada por los cuerpos en un fluido, caracterizada por coeficientes de arrastre medidos en condiciones de operación típicas. Se

compone de los efectos de fricción y presión, y en la mayoría de los casos se reporta un coeficiente de arrastre total. Estos coeficientes dependen del número de Reynolds, siendo constantes a altos números de Reynolds, pero varían para cuerpos redondeados como cilindros y esferas. La ecuación para hallar el coeficiente de arrastre depende de las fuerzas de arrastre respecto a la densidad, velocidad y área. [8].

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad \dots (7)$$

C_D : coeficiente de arrastre
 F_D : fuerzas de arrastre
 ρ : densidad del fluido
 v : velocidad del fluido
 A : área frontal del cuerpo

3.13 Efecto Von Kármán

Cuando el flujo se aproxima en la parte frontal del objeto, la corriente se dividirá en dos. Este efecto se suele apreciar mejor en un número de Reynolds superior a los 10000, no necesariamente debe ser un flujo turbulento. La velocidad del fluido que esté pegada al objeto será más baja en comparación a la velocidad inicial. Esta diferencia de velocidades hace que se formen capas que se romperán y formarán vórtices como estela en la parte posterior del objeto. A este fenómeno se le denomina calle Karman por su descubridor Von Karman. La frecuencia de los vórtices generados es directamente proporcional a la velocidad del flujo y también al caudal [8].

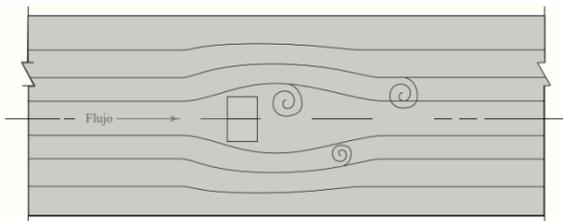


Fig. 1 Medidor de flujo de vórtice [8]. (Fuente: ABB, Inc., Automation Technology Products, Warminster, PA)

3.14 Punto de estancamiento

En este caso es cuando el fluido impacta con la parte frontal del objeto y produce velocidades cercanas a cero [10].

3.15 Punto de desprendimiento

La separación de flujo en un difusor conduce a una disminución significativa de recuperación de presión, y a estas condiciones en un difusor también se les conoce como condiciones de desprendimiento de flujo [10].

3.16 Fricción

Un fluido en movimiento genera resistencia debido a la fricción. Parte de la energía presente en el sistema se convierte en energía térmica, la cual se disipa a través de las paredes de la tubería en la que el fluido se encuentra. La

magnitud de la pérdida de energía depende de las propiedades del fluido, la velocidad, el tamaño de la tubería, lo liso de la pared de la tubería y la longitud de esta [10].

3.17 Ecuación general de la energía

Cada término representa una cantidad de energía con respecto a la presión, velocidad y distancia. Esta ecuación representa a la continuidad de la energía en un punto de una tubería respecto a otro punto. Las energías se cuentan por unidad de peso del fluido y esto se conoce también como carga [8].

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 \pm h_A = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 - h_f \quad \dots (8)$$

$$h_f = f * \frac{v^2}{2g} \quad \dots (9)$$

$$\text{Sistema Internacional: } P_H = \frac{\gamma * Q * h_A}{1000} \text{ KW} \quad \dots (10)$$

$$\text{Sistema Británico: } P_H = \frac{\gamma * Q * h_A}{550} \text{ HP} \quad \dots (11)$$

h_A : altura de carga de la bomba o turbina
 P : presión
 v : velocidad del flujo
 Z : altura con respecto al origen
 γ : peso específico del fluido
 g : gravedad
 h_A : altura de carga de la bomba o turbina
 h_f : carga de fricción (ecuación de Darcy)
 f : coeficiente de fricción
 P_H : potencia hidráulica
 Q : caudal

3.18 Ecuación de Darcy

La ecuación de Darcy puede utilizarse para calcular la pérdida de energía debida a la fricción del suelo, roca, secciones de tuberías entre otros. Esta ecuación establece la relación entre la velocidad del flujo de agua, la permeabilidad del medio, el gradiente de la cabeza hidráulica y la viscosidad del agua, tanto para el flujo laminar como para el flujo turbulento [8].

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \dots (12)$$

h_L : pérdida de energía por fricción
 f : factor de fricción
 L : longitud de la corriente de flujo
 D : diámetro de la tubería
 v : velocidad del flujo
 g : gravedad

3.19 Ecuación de Darcy flujo laminar

Esta pequeña fórmula se obtiene despejando el valor del factor de fricción solo si las relaciones de la pérdida de energía por fricción se toman por igual [8].

$$f = \frac{64}{N_R} \quad \dots (13)$$

3.20 Ecuación de Bernoulli

A diferencia de la ecuación de la energía, aquí no se considera las pérdidas por fricción porque la energía es continua. En la ecuación de Bernoulli, cada término es una forma de la energía que posee un fluido por unidad de peso del fluido que fluye en el sistema. También tiene restricciones, los cuales son desventajas para proporcionar la información precisa acerca del flujo del fluido [8].

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \quad \dots (14)$$

IV. METODOLOGÍA

La siguiente imagen representa el monitoreo que se realizó los datos para determinar el número de Reynolds con sus respectivas velocidades y límites.

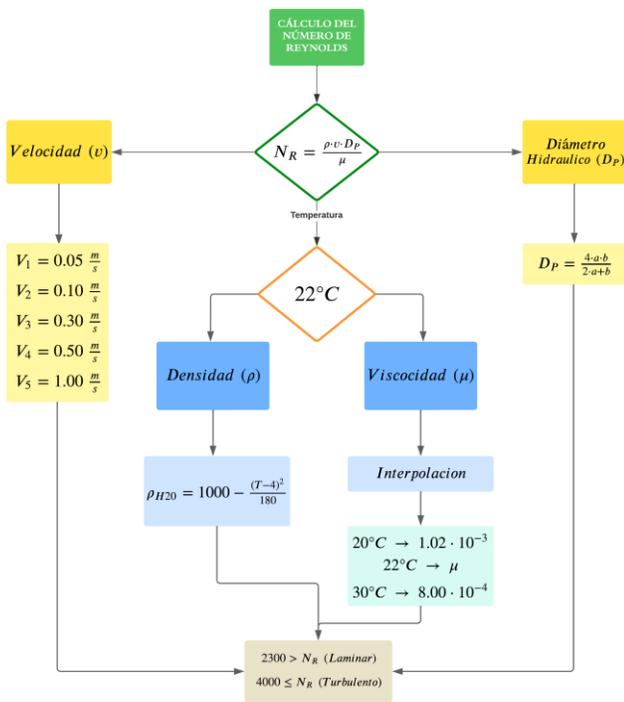


Fig. 2 Procedimiento para hallar el número de Reynolds. (Fuente: Elaboración propia)

El estudio del flujo mediante la simulación CFD facilita la comprensión de cómo se comportan los perfiles frente a flujos específicos. Se examinaron las simulaciones de flujos laminar y turbulento utilizando la velocidad como parámetro. Por esta

razón, se optó por usar el plano de velocidad para ilustrar su comportamiento y así poder apreciar el área de arrastre. De igual forma, se empleó el plano de presiones para establecer alguna correlación con el efecto Von Karman.

Para el proceso de la creación de la figura para una mejor dispersión de energía, se enfocó la forma del dissipador en curvas o círculos, ya que este tipo de formas suelen tener mayor apego o punto de estanque en los bordes. A continuación, se presenta el bosquejo de la creación de este prototipo:

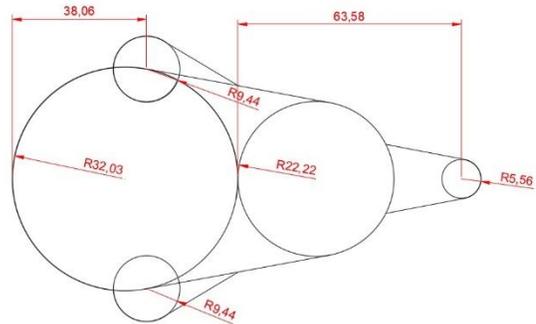


Fig. 3 Dimensiones del dissipador y diseño. (Fuente: Elaboración propia)

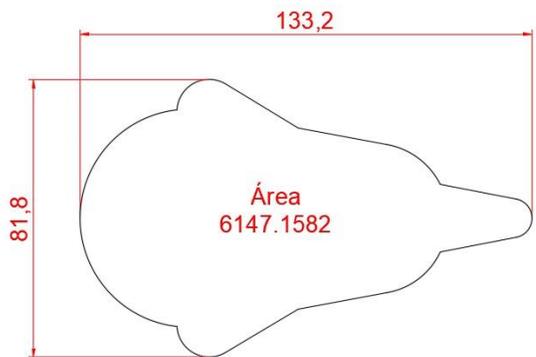


Fig. 4 Ancho, largo y área. (Fuente: Elaboración propia)

Teniendo ya la forma del dissipador, mostramos el resultado del diseño del dissipador completo en el software Autodesk Inventor, para luego exportarlo al programa Autodesk CFD.

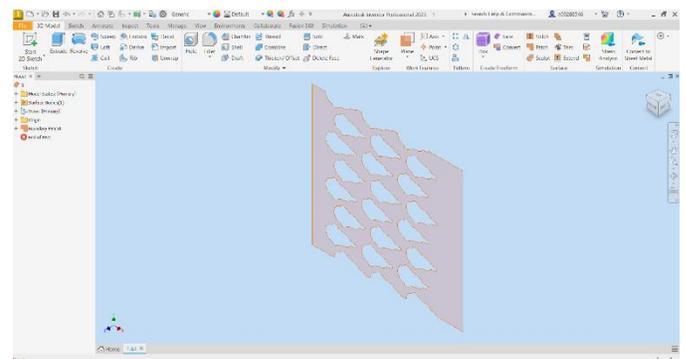


Fig. 5 Creación de disipadores en Autodesk Inventor. (Fuente: Elaboración propia)

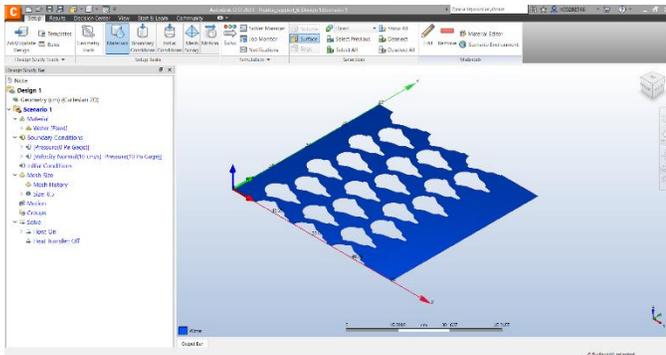


Fig. 6 Exportación del diseño a Autodesk CFD. (Fuente: Elaboración propia)

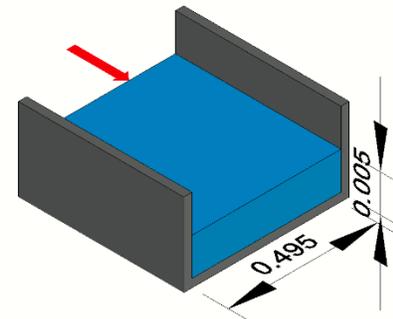


Fig. 8 Dimensiones aproximadas del diámetro hidráulico. (Fuente: Elaboración propia)

V. RESULTADOS

Para la configuración de Autodesk CFD mostrada en la Fig. 7, una vez ya colocado la velocidad y presión de entrada y también la presión de salida. Colocaremos el tipo de flujo que se simulará con respecto a las velocidades:

Tenemos que la temperatura es de 22°C y con ello podemos obtener la densidad y la viscosidad dinámica del fluido que en este caso es agua. Reemplazando los datos en la fórmula de Reynolds con respecto a las velocidades tenemos:

TABLA I
FLUJOS Y NÚMEROS DE REYNOLDS

Velocidad	0.05 m/s	0.10 m/s	0.30 m/s	0.50 m/s	1.00 m/s
N° de Reynolds	1002.3	2004.6	6013.7	10022.9	20045.8
Flujo	Laminar	Laminar	Turbulento	Turbulento	Turbulento

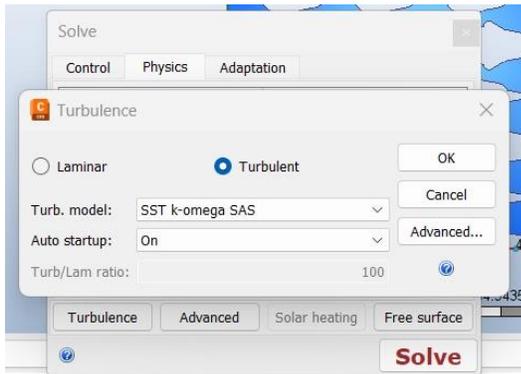


Fig. 7 Ventana para seleccionar el modelo de simulación. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez identificados los flujos se puede simular con su respectivo modelo en el programa Autodesk CFD, realizando unas 1000 iteraciones aproximadamente, obteniendo los siguientes resultados:

En esta ventana se debe seleccionar laminar si el número de Reynolds es menos a 2300 o Turbulento si el número de Reynolds es mayor e igual que 2300. Como ya se mencionó en el marco teórico, se emplearán las ecuaciones del número de Reynolds, la ecuación de Darcy entre otros:

Para hallar el número de Reynolds en cada tipo de velocidad y poder simular correctamente el flujo si es turbulento o laminar, empleamos las medidas aproximadas del equipo de laboratorio (forma de canal). El resultado fue de una altura del agua de 0.005 m y el ancho de 0.495 m. Con ello reemplazamos para hallar el diámetro hidráulico con la ecuación de Darcy para saber si el número de Reynolds nos da un flujo laminar o un flujo turbulento.

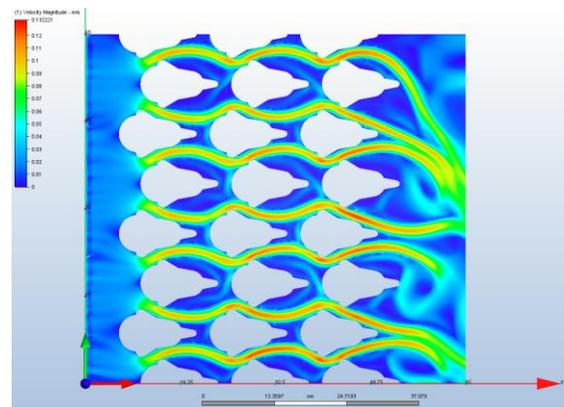


Fig. 9 Simulación de la velocidad 0.05 m/s laminar. (Fuente: Elaboración propia)

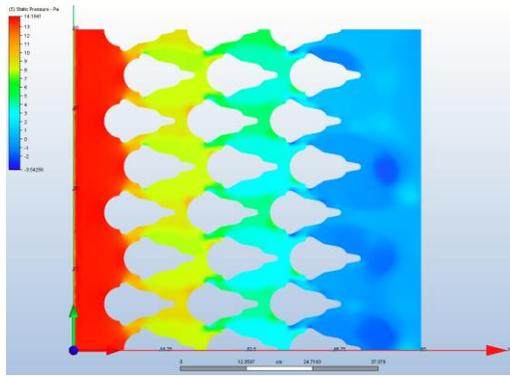


Fig. 10 Simulación de la presión 0.05 m/s laminar. (Fuente: Elaboración propia)

En esta primera simulación le demoró unas 460 iteraciones para dar resultados, en el gráfico de velocidades se puede apreciar el efecto Von Karman y las estelas de los disipadores. Hay presencia de fuerzas de arrastre. Lo que más llama la atención es la estela que deja al final de los disipadores que terminan formando vórtices y por ello se juntan en esos puntos. Sobre el gráfico de presiones no hay muchas negativas, pero al pasar por el circuito, hay presiones casi nulas.

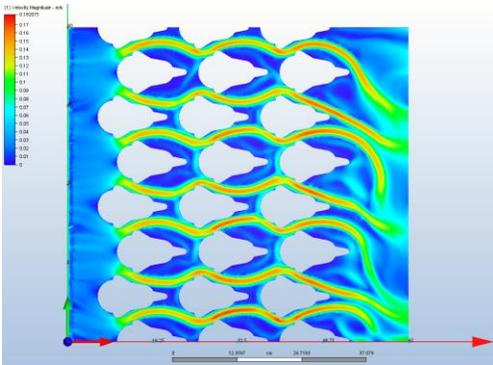


Fig. 11 Simulación de la velocidad 0.10 m/s laminar. (Fuente: Elaboración propia)

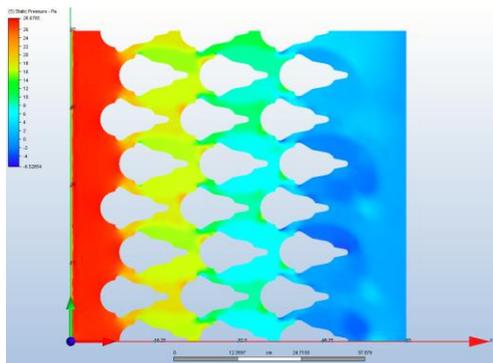


Fig. 12 Simulación de la presión 0.10 m/s laminar. (Fuente: Elaboración propia)

Para la simulación de la velocidad con 0.10 m/s los vórtices cambiaron de posición, generando en este caso tres.

Cambiaron las formas de las estelas de los puntos de desprendimiento, mencionando que el gráfico de las dos primeras velocidades es de flujo laminar. Las iteraciones que se produjeron para la simulación fueron más de 400.

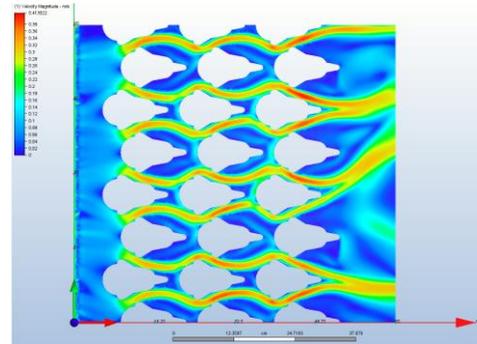


Fig. 13 Simulación de la velocidad 0.30 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

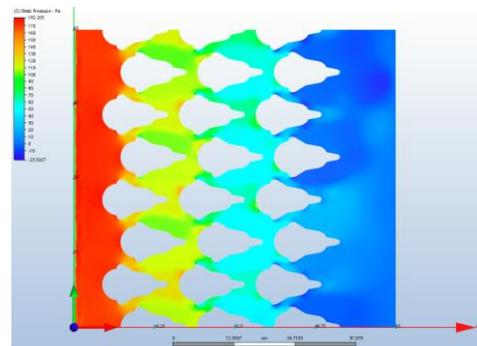


Fig. 14 Simulación de la presión 0.30 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

En esta ocasión a la velocidad de 0.30 m/s se puede apreciar bastantes diferencias, como una ampliación de las estelas del final del circuito, a partir de estas velocidades de 0.30 m/s, el número de Reynolds supera los 4000, por lo que darían un flujo turbulento simulando con el modelo SST K-Omega SAS, que es el más preciso en esta área.

En las presiones no se aprecian muchas diferencias, casi da el mismo resultado en todas las simulaciones. La variación más notable es en la parte superior del final donde hay un azul más oscuro que quiere decir que hay presiones negativas.

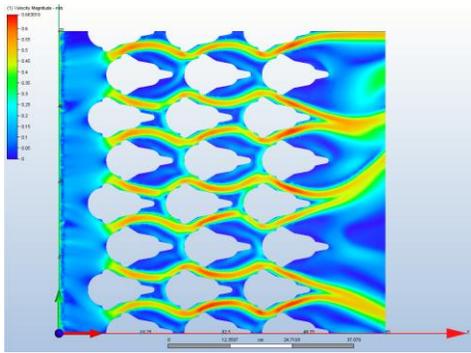


Fig. 15 Simulación de la velocidad 0.50 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

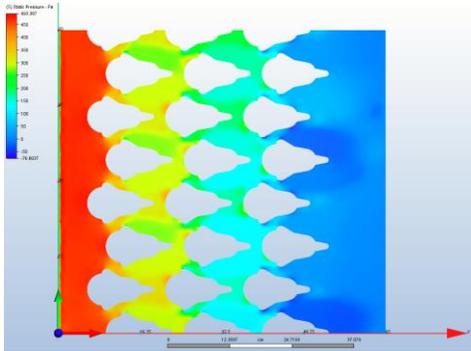


Fig. 16 Simulación de la presión 0.50 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

Una apreciación importante es que las velocidades cercanas al objeto son menores comparadas a la velocidad inicial del fluido. Esta simulación tomó unas 600 iteraciones aproximadamente completarse. Por lo general, ya no habrá cambios significativos en las presiones. A medida que aumentamos la velocidad de entrada, las velocidades máximas y presiones aumentarán de igual manera.

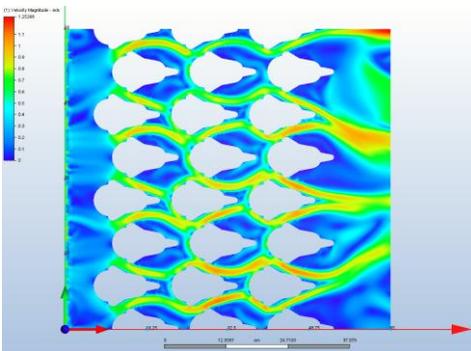


Fig. 17 Simulación de la velocidad 1.00 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

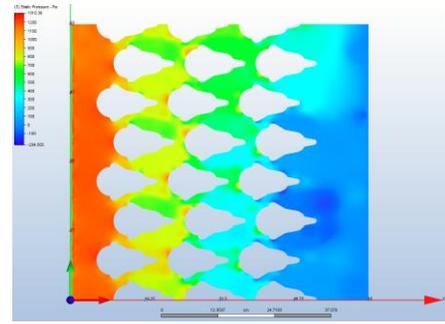


Fig. 18 Simulación de la presión 1.00 m/s turbulento. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, simulamos el diseño con velocidad de 1.00 m/s y obtuvimos unos resultados variados y caóticos. Las estelas son más pronunciadas, también hay puntos pegados a los disipadores que tienen velocidades nulas y se aprecian mucho más que en las anteriores simulaciones. Este gráfico demoró 866 iteraciones en realizarse. También algo que se note acerca de las velocidades es que no hay muchas secciones rojas y esto ha estado variando desde la primera velocidad de 0.05 m/s. Para el gráfico de las presiones hubo un cambio en la esquina superior derecha, que no hay presiones negativas, sino que se mantuvieron bajas pero positivas. En los puntos de estancamiento se ven presiones altas representadas con el color rojo.

Los resultados de las velocidades más altas, presiones más altas y presiones más bajas de cada velocidad se presentan en la siguiente tabla:

TABLA II
VELOCIDADES (ALTAS) Y PRESIONES (ALTAS Y BAJAS)

	0.05 m/s	0.10 m/s	0.30 m/s	0.50 m/s	1.00 m/s
Velocidad alta	0.132 m/s	0.182 m/s	0.413 m/s	0.663 m/s	1.252 m/s
Presión alta	14.19 Pa	28.67 Pa	182.26 Pa	493.36 Pa	1310.36 Pa
Presión baja	-3.54 Pa	-6.52 Pa	-23.59 Pa	-76.80 Pa	-234.50 Pa

En la siguiente figura mostraremos el gráfico de velocidades en una sección en 2D en el eje x en la velocidad de 0.05 m/s:

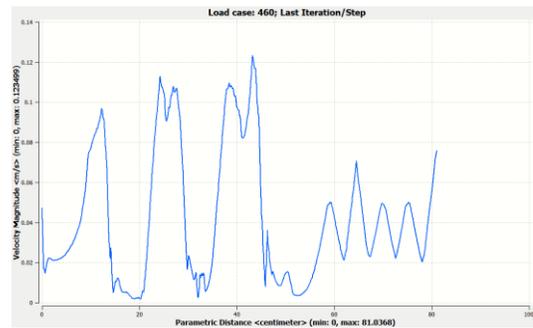


Fig.19 Gráfica de las velocidades en una sección de la simulación de 0.05 m/s. (Fuente: Elaboración Propia)

La figura 19 representa las velocidades más altas y bajas en el recorrido fijado, pero son unos puntos también que nosotros seleccionamos para conocer la velocidad aproximada en dicho punto, del mismo modo para las presiones presentadas a continuación:

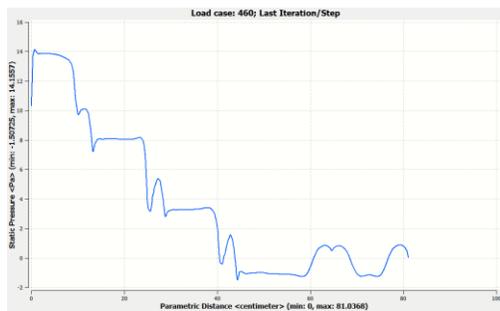


Fig.20 Gráfica de las presiones en una sección de la simulación de 0.05 m/s. (Fuente: Elaboración Propia)

También en la figura 20 tenemos representado las presiones que se encuentran en ese recorrido, las cuales solo disminuyen hasta llegar a presiones negativas o igual a cero.

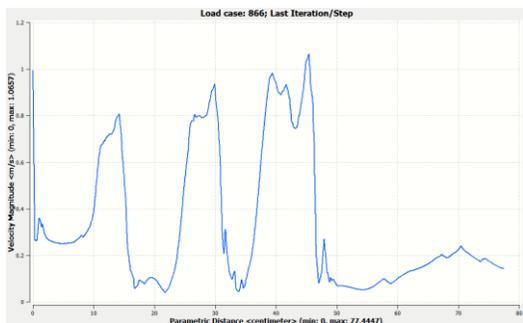


Fig.21 Gráfica de las velocidades en una sección de la simulación de 1.00 m/s. (Fuente: Elaboración Propia)

En la figura 21 se encuentra las velocidades encontradas en puntos en el eje x, con la diferencia de que la velocidad de entrada es de 1.00 m/s aproximadamente y luego varía al momento de hacer el recorrido de los disipadores.

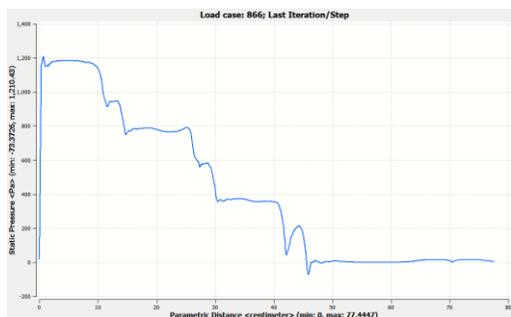


Fig.22 Gráfica de las velocidades en una sección de la simulación de 1.00 m/s. (Fuente: Elaboración Propia)

Del mismo modo para las presiones donde nosotros elegimos una presión de entrada constante la cual son 10 Pa y sube hasta un máximo para luego ir reduciéndose hasta llegar a presiones cercanas a 0 o negativas.

Como observación en las velocidades de 1.00 m/, realizamos un zoom en alguna parte del gráfico para ver detalladamente los vectores o direcciones aproximadas en las que fluye la corriente del agua:

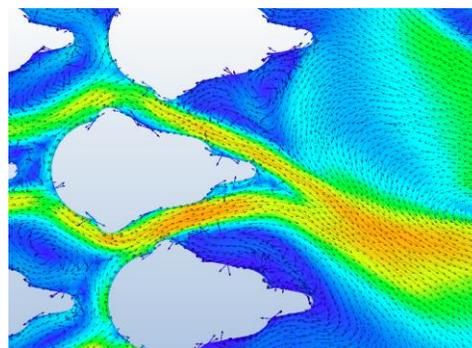


Fig. 23 Apreciación de vectores o dirección del flujo para la velocidad de 1.00 m/s parte final. (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 19, se observa el recorrido del flujo del agua, con las observaciones de que regresa a pegarse en la parte de atrás del disipador, volviendo y generando pequeños vórtices con velocidades bajas o casi nulas. También por ser la parte final donde hay un gran espacio, la estela muestra que la corriente del agua sigue la misma dirección de entrada, pero luego debido a las fuerzas de arrastre vuelve formando un vórtice bastante notorio.

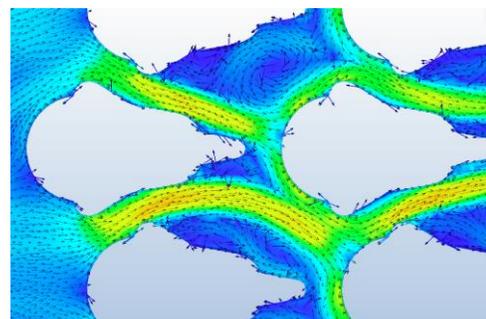


Fig.24 Apreciación de vectores o dirección del flujo para la velocidad de 1.00 m/s parte inicial. (Fuente: Elaboración propia)

En la sección del principio con velocidades medias por ser de color claro se aprecia más la dirección que toma el fluido, de misma forma se ven los vórtices de gran tamaño, pero con velocidades muy bajas donde están en la parte contraria del disipador.

VI. CONCLUSIONES

Como podemos observar, en cada simulación se puede interpretar que el disipador de energía cumple con la finalidad de reducir las velocidades del flujo del agua. Se logró alcanzar el objetivo de obtener un resultado que facilita el análisis sobre cómo mitigar las altas velocidades del agua en las quebradas. Estos resultados contribuyen en comprender y facilitar la dinámica de un fluido, es decir, el programa Autodesk CFD ayuda a analizar el comportamiento del agua calculadas con operaciones grandes y complejas, llegando a una aproximación que puede asemejarse a la realidad.

En las simulaciones podemos notar que a mayor velocidad las presiones en la parte final serán negativas, esto sucede debido a la fricción o pérdida de energía que hay al momento de que el fluido recorra el circuito de disipadores. Las presiones respecto a la velocidad no varían demasiado en cada caso, solo algunas ocurrencias u otros factores que no sean constantes lleguen a cambiar por completo lo estandarizado en este estudio. Respecto a nuestra figura seleccionada, podemos observar que a velocidades altas no reduce mucho al momento de finalizar. Sin embargo, por tener una forma de curva genera una buena influencia al momento de controlar las velocidades.

Cabe mencionar que se tiene pensado realizar la investigación a escala real para así poder comparar los resultados que nos brinda el programa Autodesk CFD con datos de laboratorio y así ponerlo en práctica en quebradas que necesiten de un control de velocidades del agua, para evitar futuros desastres por el Fenómeno del Niño u otros factores. Mientras tanto podemos crear modelos y estructuras para entender el comportamiento de los fluidos, llegando a contribuir con el descubrimiento y avances tecnológicos.

VII. REFERENCIAS

- [1] Autodesk (2023). Software CFD de Autodesk. <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>
- [2] Autodesk (2023). Software Autodesk Inventor de Autodesk. <https://www.autodesk.mx/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [4] Mantilla, J., Treysi, S. (2020). Impactos negativos de la erosión hídrica mediante el aporte de sedimentos en la cuenca alta del Río Moche, La Libertad, 2020. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29053>
- [5] Leño, P., Milagros, H. (2021). Diseño de vertederos hidráulicos triangulares, rectangulares y combinados en el entorno rural del sector Quives, km 40 Lima – Canta, año 2021. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27719>
- [6] Barzola, Q., Vargas, E. (2022). Características hidráulicas en disipador de energía con bifurcación mediante modelo numérico. Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4973>
- [7] Castrillón, C., Tipán, W. (2023). Análisis CFD del porcentaje de disipación de energía en rápidas escalonadas con flujo rasante para caudales pluviales de las zonas norte, centro y sur de la ciudad de Quito. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24261>

[8] Mott, R., & Untener, J. (2015). Número de reynolds, flujo laminar, flujo turbulento y pérdidas de energía por fricción. En Mecánica de Fluidos (7.a ed.). https://www.academia.edu/43741728/Mecanica_de_Fluidos_7a_ed_Mott

[9] Hesch, C., Sanz, W., Lindmeier, I., & Clauss, G. (2010). Validation of scale-adaptive and elliptic relaxation turbulence models applied to flow around buildings. University of Applied Science. https://www.researchgate.net/publication/281053423_A_scale-adaptive_simulation_model_using_two-equation_models

[10] Cengel, A., Cimbala, M. (2010) Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones. (2.a ed.). https://www.academia.edu/25669790/Mecanica_de_Fluidos_Fundamentos_y_Aplicaciones_Yunus_Cengel_y_John_Cimbala_Primer_Edicion