



FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

LICENCIA CREATIVE COMMONS:

Atribución	<input checked="" type="checkbox"/>	Atribución no comercial	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial sin derivadas	<input type="checkbox"/>
Atribución no comercial compartir igual	<input type="checkbox"/>	Atribución sin derivadas	<input type="checkbox"/>	Atribución compartir igual	<input type="checkbox"/>

AÑO DE ELABORACIÓN: 2020

TÍTULO: Análisis de las pérdidas de energía ocasionadas por un cheque perforado a diámetros de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ".

AUTOR (ES):

Barbosa Giraldo, Karen Andrea y Bustos Peña, Oscar Javier.

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):

De plaza Solórzano, Juan Sebastián.

MODALIDAD:

Trabajo de investigación.

PÁGINAS:	112	TABLAS:	17	CUADROS:		FIGURAS:	40	ANEXOS:	6
-----------------	------------	----------------	-----------	-----------------	--	-----------------	-----------	----------------	----------

CONTENIDO:

RESUMEN
INTRODUCCIÓN
GENERALIDADES DE TRABAJO DE GRADO
OBJETIVOS



MARCO DE REFERENCIA
MARCO TEÓRICO
MARCO CONCEPTUAL
ESTADO DEL ARTE
METODOLOGÍA
PROCESO OPERATIVO DE BANCO HIDRÁULICO
RESULTADOS
DIFICULTADES PRESENTADAS
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
MANUAL DE OPERACIÓN DE BANCO HIDRÁULICO

DESCRIPCIÓN:

El estudio consiste en obtener de forma experimental el valor de las pérdidas de energía en los accesorios implementados (válvulas de cheque tipo cortina) y la medición de presiones mediante medidores propuestos (Manómetros), por medio de la toma de datos, con el fin de analizar e interpretar la información obtenida y expresarla gráficamente, indicando el tipo de ecuación que describe el comportamiento hidráulico de la curva de pérdidas de energía en cheques perforados.

METODOLOGÍA:

Con el fin de obtener los resultados apropiados, se debe identificar el punto de análisis en términos de energía en el punto 1 y en el punto 2 como se observa en la Ilustración 1, tomando en cuenta el sentido del flujo.



Ilustración 1. Punto de análisis en términos de energía.
(Barbosa & Bustos, 2020)

Por lo cual, se genera un análisis de energía desde el punto 1 hacia el punto 2, donde se relaciona la carga de posición (z), la carga de presión ($\frac{P}{\gamma}$), la carga de velocidad ($\frac{v^2}{2g}$) y por último la pérdida de energía del punto 1 al punto 2 (h_m), como se evidencia en la Ecuación 1:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_m$$

Ecuación 1

Donde;

$\frac{v^2}{2g}$: Altura cinemática [m.c.a].

P : Presión [m.c.a].

γ : Peso específico [$\frac{N}{m^3}$].

z : Altura de elevación con respecto a un plano horizontal de referencia [m].

h_m : Pérdidas localizadas en accesorios [m.c.a].

Respecto al comportamiento del flujo, se tiene que z_1 y z_2 tienen el mismo valor, puesto que la tubería se ubica totalmente horizontal, también, mediante el principio de continuidad se indica que la velocidad entre el punto 1 y el punto 2 es la misma por lo que el caudal que existe entre el punto 1 y el punto 2 es constante y el área del tramo

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

no cambia, por lo tanto, la Ecuación 2 describe las pérdidas menores de energía existentes en el accesorio analizado:

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = h_{m_{1-2}}$$

Ecuación 2

Donde;

P : Presión [m.c.a].

γ : Peso específico [$\frac{N}{m^3}$].

h_m : Pérdidas localizadas en accesorios [m.c.a].

La ecuación 3, representa la diferencia de las cargas de presión entre el punto 1 y 2, también, se requiere el valor de γ del agua por lo cual se relaciona con la temperatura que se presente en el fluido, por lo cual los valores de la densidad se evidencian en la tabla 1:

Temperatura (°C)	Peso específico (γ) Kn/m^3	Densidad (ρ) kg/m^3	Viscosidad dinámica (μ) $Pa \cdot seg$	Viscosidad cinemática (ν) m^2/seg
0	9,81	1000	$1,75 \cdot 10^{-3}$	$1,75 \cdot 10^{-6}$
5	9,81	1000	$1,52 \cdot 10^{-3}$	$1,52 \cdot 10^{-6}$
10	9,81	1000	$1,30 \cdot 10^{-3}$	$1,30 \cdot 10^{-6}$
15	9,81	1000	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-6}$
20	9,79	998	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$
25	9,78	997	$8,91 \cdot 10^{-4}$	$8,94 \cdot 10^{-7}$
30	9,77	996	$8,00 \cdot 10^{-4}$	$8,03 \cdot 10^{-7}$
35	9,75	994	$7,18 \cdot 10^{-4}$	$7,22 \cdot 10^{-7}$
40	9,73	992	$6,51 \cdot 10^{-4}$	$6,56 \cdot 10^{-7}$
45	9,71	990	$5,94 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-7}$
50	9,69	988	$5,41 \cdot 10^{-4}$	$5,48 \cdot 10^{-7}$
55	9,67	986	$4,98 \cdot 10^{-4}$	$5,05 \cdot 10^{-7}$
60	9,65	984	$4,60 \cdot 10^{-4}$	$4,67 \cdot 10^{-7}$
65	9,62	981	$4,31 \cdot 10^{-4}$	$4,39 \cdot 10^{-7}$
70	9,59	978	$4,02 \cdot 10^{-4}$	$4,11 \cdot 10^{-7}$
75	9,56	975	$3,73 \cdot 10^{-4}$	$3,83 \cdot 10^{-7}$
80	9,53	971	$3,50 \cdot 10^{-4}$	$3,60 \cdot 10^{-7}$
85	9,50	968	$3,30 \cdot 10^{-4}$	$3,41 \cdot 10^{-7}$
90	9,47	965	$3,11 \cdot 10^{-4}$	$3,22 \cdot 10^{-7}$
95	9,44	962	$2,92 \cdot 10^{-4}$	$3,04 \cdot 10^{-7}$
100	9,40	958	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$2,94 \cdot 10^{-7}$

Fuente. (Robert L. Mott, 1996).



$$Hm = Km * \frac{16}{\pi^2 * 2g} * \frac{Q^2}{d^4}$$

Ecuación 3

Donde;

h_m : Pérdidas menores de energía [m.c.a].

Km : Pérdidas presentadas en el accesorio cheque tipo cortina con respecto a la perforación 1/4" o 1/2".

Q : Caudal [$\frac{m^3}{seg}$].

g : Aceleración de la gravedad [$\frac{m}{s^2}$].

d : Diámetro interno de la tubería [m].

La velocidad se halla a partir de la ecuación de continuidad, por lo cual se ve evidenciado en la Ecuación 4:

$$V = \left(\frac{Q}{A} \right)$$

Ecuación 4

Donde;

V : Velocidad media del flujo presentada en el tramo analizado [$\frac{m}{seg}$].

Q : Caudal [$\frac{m^3}{seg}$].

A : Área de la sección circular (tubería), [m^2].

Retomando el principio de continuidad se representa dicha caracterización en términos de caudal, como se ve desarrollado en la Ecuación 5:

$$Hm = Km * \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 5

Donde;

h_m : Pérdidas localizadas en accesorios [m.c.a].

Km : Pérdidas presentadas en el accesorio cheque tipo cortina con respecto a la perforación 1/4" o 1/2"



V : Velocidad media del flujo presentada en el tramo analizado $[\frac{m}{seg}]$.

g : Aceleración de la gravedad $[\frac{m}{s^2}]$.

A partir de la igualación entre la Ecuación 3 y la Ecuación 5, se obtiene el resultado de la Ecuación 6.

$$Hm = Km * \frac{Q^2}{A^2 * 2g}$$

Ecuación 6

Donde;

hm : Pérdidas menores de energía [m.c.a].

Km : Pérdidas presentadas en el accesorio cheque tipo cortina con respecto a la perforación 1/4" o 1/2".

Q : Caudal $[\frac{m^3}{seg}]$.

A : Área de la sección circular (tubería), $[m^2]$.

g : Aceleración de la gravedad $[\frac{m}{s^2}]$.

En donde se indica el área en términos de diámetro de la sección circular que se está analizando, como lo representa la Ecuación 7:

$$A_c = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Ecuación 7

Donde;

A_c : Área de la sección circular (tubería) $[m^2]$.

d : Diámetro interno de la tubería [m].

Reemplazando la Ecuación 4 en la Ecuación 7, se puede deducir la Ecuación 8:

$$Hm = Km * \frac{Q^2}{\left(\frac{\pi * d^2}{4}\right)^2 * 2g}$$
$$Hm = Km * \frac{4^2 * Q^2}{(\pi * d^2)^2 * 2g}$$



$$Hm = Km * \frac{16Q^2}{\pi^2 * d^4 * 2g}$$

$$Hm = Km * \frac{16}{\pi^2 * 2g} * \frac{Q^2}{d^4}$$

$$Hm = Km * 0,0827 * \frac{Q^2}{d^4}$$

Ecuación 8

Donde;

hm: Pérdidas menores de energía [m.c.a].

Km: Pérdidas presentadas en el accesorio cheque tipo cortina con respecto a la perforación ¼" o ½".

Q: Caudal [$\frac{m^3}{seg}$].

d: Diámetro interno de la tubería [m].

Con respecto a la Ecuación 8, se encuentra el valor del caudal que se presenta para cada pérdida menor que existe en el accesorio, por lo cual se debe encontrar el volumen del fluido que está en función de la masa del fluido sobre la densidad del agua; esta relación se representa en la Ecuación 9:

$$V = \frac{m_{agua}}{\rho_{agua}}$$

Ecuación 9

Donde;

V: Volumen del fluido [m^3].

m: Masa del fluido [*kg*].

ρ: Densidad del fluido [$\frac{kg}{m^3}$].

Luego, la Ecuación 9 permite encontrar el caudal en términos de magnitud, puesto que relaciona el volumen del fluido y el tiempo establecido al realizar el aforo, como se observa en la Ecuación 10:



$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 10

Donde;

Q: Caudal [$\frac{m^3}{s}$].

V: Volumen del fluido [m^3].

t: Tiempo [*seg*].

Retomando la Ecuación 8, se puede deducir el valor de Km, ya que se conoce el valor de las demás variables como las pérdidas menores en el accesorio (Hm), el caudal presentado (Q) Y El diámetro interno de la tubería, que tiene un valor de 30,20 mm para una relación diámetro – espesor de RDE 21, como lo indica la Ecuación 11:

$$Km = \frac{H_m * d^4}{0,0827 * Q^2}$$

Ecuación 11

Donde;

Km: Pérdidas presentadas en el accesorio cheque tipo cortina con respecto a la perforación ¼" o ½".

hm: Pérdidas menores de energía [m.c.a].

Q: Caudal [$\frac{m^3}{seg}$].

d : Diámetro interno de la tubería [m].

Al aplicar el procedimiento para todos los datos se hallan varios valores de Km, puesto que, para cada perforación realizada, se debe encontrar un único valor de Km el cual será representado de forma gráfica.

Para llevar a cabo el proceso gráfico, se retoma la ecuación 8, con el fin de encontrar la función lineal que caracteriza a la gráfica, basando el punto de corte desde el punto cero, se tiene que:

$$Hm = Km * 0,0827 * \frac{Q^2}{d^4}$$



Donde el valor de y se representa en las pérdidas menores (H_m), el valor de x se representa en la expresión $0,0827 * \frac{Q^2}{d^4}$ y la pendiente representa el único valor de K_m para cada cheque perforado presentado en el modelo, como se ve reflejado en la Ilustración 2:

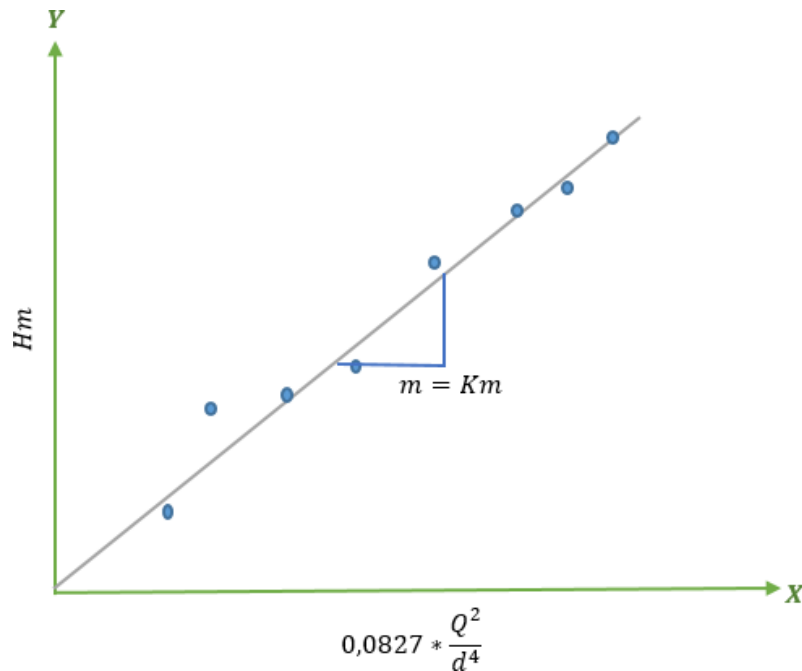


Ilustración 2. Gráfica para hallar el único valor de pérdida (K_m) en el accesorio.
(Barbosa & Bustos, 2020)

PALABRAS CLAVE:

BANCO, PÉRDIDAS MENORES, ENERGÍA, PRESIÓN, CAUDAL, VÁLVULA.



CONCLUSIONES:

- Se cumplió el objetivo de llevar a cabo la modificación y restauración del banco hidráulico, con el fin de estimar el comportamiento hidráulico en términos de pérdidas de energía y caudal en accesorios de control de flujo (válvulas de cheque tipo cortina implementando una perforación interna de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ").
- Se desarrolló el estudio experimental propuesto para hallar el coeficiente de pérdidas menores presentado en válvulas de cheque (Km) y mediante las perforaciones realizadas en su mecanismo interno ($\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ "), se evidenció la variación de presión que se presenta en el punto de entrada y en el punto de salida del tramo analizado, esto se realizó mediante un manual de operación diseñado para el banco hidráulico con el fin de obtener un manejo óptimo y garantizar que los datos obtenidos fueran confiables y coherentes.

Sin embargo, al generar la curva en función del caudal de demanda y las pérdidas de energía en accesorios, se corrobora que el valor real de las pérdidas encontradas para la válvula de cheque tipo cortina varían considerablemente en comparación a los datos que se brindan por diferentes textos investigativos, puesto que los datos brindados son generales, lo cual al no realizar un estudio experimental para este tipo de accesorios puede que se presenten errores al momento de diseñar un sistema hidráulico generando grandes costos de mantenimiento y presentándose ineficiencia en el mismo.

- Con respecto al valor de pérdida de energía encontrado para el accesorio de perforación de $\frac{1}{4}$ " se encuentra un valor (Km) alto, por lo que se puede indicar que se presenta una alteración en la dirección de flujo ocasionando turbulencias, provocando con esto, una pérdida de energía mayor de la que normalmente ocurre, puesto que la pérdida de presión en el punto de salida es superior y este efecto puede generar un valor elevado.



FUENTES:

Ambiente, M., & Naturales, Y. L. O. S. R. (2011). *Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011*.

Ariza, J. A. E., & Sánchez, J. A. Á. (2019). Diseño, construcción y puesta en marcha de banco de medidores. *Universidad Católica de Colombia*, 6(1), 5–10. <https://doi.org/10.1109/MTAS.2004.1371634>

Barbosa, K. A., & Bustos, O. J. (2020). *Propia*.

Chavez, D., Herazo, S., Mercado, D., Palencia, J., & Vargas, H. (2012). Determinación De Las Pérdidas De Energía En Tuberías Por Fricción Y Accesorios. *Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica*, 1–20. Retrieved from http://www.academia.edu/5184043/Determinación_de_las_pérdidas_de_energía_en_tuberías_por_fricción_y_accesorios

Cia, H. y. (2011). *Conval, Distribuidor mayorista de materiales para construcción*. Retrieved from <http://www.coval.com.co/>

Gerätebau, G. (2015). *Hidráulica para ingenieros civiles 4*.

Guevara. M. E. (1986). *Flujo a Presión*. Popayán: Universidad del Cauca

Hernández, I. B. (2014). Pérdidas de energía en cruces de tuberías. *Universidad Nacional Autónoma de México*.

Kenneth, W. J., & Donald, R. (2014). *Termodinámica, sexta edición*, 1–535.

Leopoldo, J. G., & Andreau, R. (1994). *Hidráulica aplicada. Presión hidrostática. Principios de conservación de la masa y la energía. Perdidas de carga: medición y estimación mediante modelos matemáticos*. 368.

Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética. (2020). Retrieved from <https://www.edibon.com/es/equipment/hydraulics-bench>

Monroy, M. (2010). *Medidores De Flujo En Canales Abiertos*.



Biblioteca.Usac.Edu.Gt, 1–119.

- Ramirez, O. (2017). Diseño y construcción de banco hidráulico para determinar las pérdidas de energía en tuberías CPVC. *Universidad Católica de Colombia*, 14(7), 450. <https://doi.org/10.1177/0309133309346882>
- Reina, G. (2012). *Manual para el diseño de una red de climatización*. (1). Retrieved from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5091/fichero/5+-+pérdidas+de+carga+en+redes+hidráulicas.pdf>
- Rivera, L., Parra, M., Peña, L., & Varela, C. (2017). Teoría de flujo en válvulas y accesorios. *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Robert L. Mott. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*.
- Rocha, A. F. (2007). Hidráulica De Tuberías Y Canales. *Susferrinmaquinas.Com.Ar*, 530.
- Russi, D. I. R. (2015). Determinación experimental del coeficiente de pérdidas menores y el comportamiento hidráulico de diferentes válvulas tipo cheque usadas en sistemas internos de distribución de agua potable. *International Journal of Soil Science*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.3923/ijss.2017.32.38>
- Salinas, S. D. (2018). Estudio de la caída de presión a través de una válvula de bola al generar variaciones en el ángulo de apertura y en el caudal de flujo, mediante el uso del software de ingeniería ANSYS. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 2, 227–249.
- Instrumentación Industrial Mánómetros. (2019). Retrieved from https://blog.satelimportadores.com/instrumentacion_industrial/manometros/
- Salvador, C., & García, G. (2012). *Válvulas Comerciales De Distinto Material*.
- Shin, S. M., Kim, D. S., & Kang, H. G. (2018). Power-operated check valve in abnormal situations. *Nuclear Engineering and Design*, 330, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2018.01.017>
- Vam Industry. (2016). *Tuberías, válvulas y accesorios*. 50.

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

Villaflor, G., Morales, G., Velasco, J., Significant Variables in the Combustion Process of Natural Gas (2011), Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería, CIUNSa, Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI), Instituto de Investigaciones.

LISTA DE ANEXOS:

- Anexo 1. Estado actual del Banco Hidráulico.
- Anexo 2. Modificaciones del Banco Hidráulico.
- Anexo 3. Peso específico del agua a diferentes temperaturas.
- Anexo 4. Densidad del agua a diferentes temperaturas.
- Anexo 5. Tuberías presión PAVCO WAVIN.
- Anexo 6. Bombas perifericas Barnes de Colombia.