# Analogía entre el mundo Hidráulico y Eléctrico:

En la siguiente tabla se muestran las equivalencias entre las magnitudes básicas de la electricidad y la hidráulica. Bajo ciertas circunstancias es posible aplicar los conceptos de los sistemas eléctricos al análisis de sistemas hidráulicos y viceversa.

|  |  |
| --- | --- |
| **Electricidad** | **Hidráulica** |
| Tensión | Presión |
| Corriente | Caudal |
| Carga Eléctrica | Volumen de Fluido |
| Resistencia Eléctrica | Resistencia Hidráulica |

Tabla . Muestra la equivalencia de las magnitudes más importantes del mundo eléctrico e hidráulico

## Resistencia Hidráulica:

La resistencia hidráulica, de manera análoga al caso eléctrico, genera diferencias de presión y se clasifica en resistencia local y resistencia por fricción. La resistencia por fricción corresponde a la fricción con las paredes de los tubos y la diferencia de presión debida a este fenómeno se puede calcular empíricamente con la ecuación de Darcy:

Donde f es el Moody friction factor, DH = 4S/P (longitud y diámetro del tubo), ρ es la densidad del fluido, y u la velocidad media del fluido.

La resistencia local corresponde a varios factores como una curvatura brusca del tubo, uniones, boquillas hidráulicas, entradas de otros tubos etc. Cualquier disipación de energía mecánica debida a cambios de dirección del fluido y aparición de vórtices. [[1]](#footnote-1)

Para la definición de la resistencia local se usa la ecuación de Weisbach, donde el cociente se multiplica por el coeficiente de resistencia local.

Al igual que ocurre en el caso eléctrico la resistencia hidráulica relaciona la diferencia de presión con el caudal a través de un tubo como se expresa en la siguiente ecuación:

Donde Q es el caudal. Es muy importante tener en cuenta que la resistencia hidráulica puede variar de forma no lineal al aumentar el caudal por fenómenos tales como la turbulencia.

## Equivalente Hidráulico para la Capacitancia Eléctrica:

El equivalente a la capacitancia eléctrica en el caso hidráulico corresponde a lo que se llama en inglés: “a pressure head”. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una cabeza de presión.

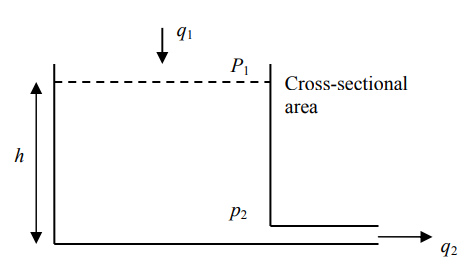


Ilustración . Pressure Head.

En este caso la energía se almacena en forma de energía potencial y la capacitancia del tanque esta dada por la ecuación que se muestra a continuación.

Donde A corresponde a la sección de área del tanque mientras que en divisor se tiene la densidad del liquido y la gravedad respectivamente. [[2]](#footnote-2)

Otra forma de almacenamiento similar a la de un capacitor es mediante una membrana la cual almacenaría la energía de manera elástica, similar a como ocurriría con un resorte.[[3]](#footnote-3)

## Equivalente Hidráulico Para La Inductancia:

En la siguiente figura se muestra un equivalente a la inductancia eléctrica para el caso hidráulico. El inductor es un dispositivo que se opone a cambios bruscos de la corriente eléctrica. De la misma forma ocurre con una rueda acuática, inicialmente mientras se vence la inercia de la misma, la diferencia de presión antes y después de la rueda posee sus valores máximos. Una vez se vence la inercia de la rueda y esta alcanza una velocidad estable, el agua puede fluir con mayor libertad y la diferencia de presión antes y después de la rueda alcanza su valor mínimo. En este caso la energía se almacena en forma de energía cinética y en el momento en el que se apague la fuente de presión del sistema que alimenta la rueda acuática (una bomba de agua), está por inercia mantendrá el fluido en movimiento hasta que se agote toda la energía cinética que estaba almacenada. [[4]](#footnote-4)[[5]](#footnote-5)[[6]](#footnote-6)

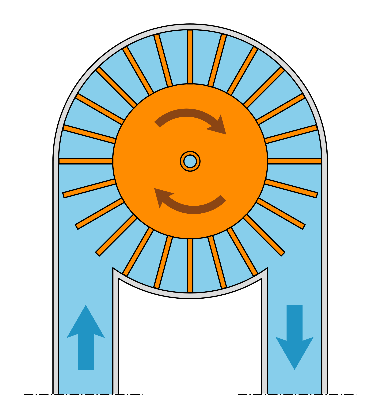


Ilustración . Equivalente Hidráulico para la inductancia eléctrica.[[7]](#footnote-7)

## Ejemplos y Simulaciones:

En la siguiente figura se muestra una simulación de un sistema hidráulico lineal en simulink usando la librería de simscape.

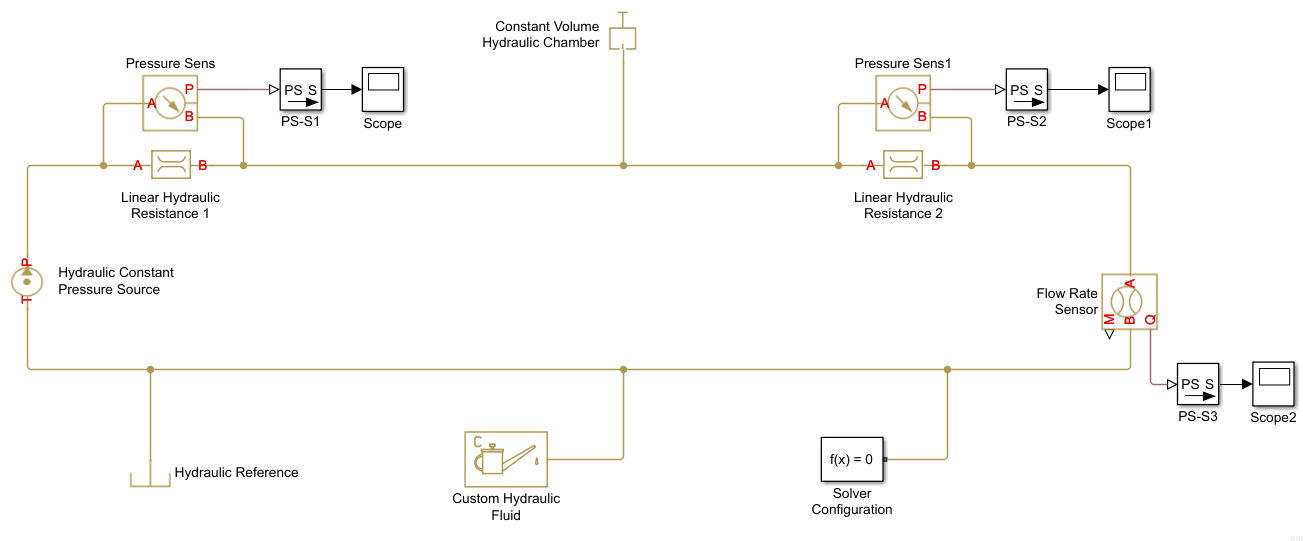


Ilustración . Simulación de un sistema hidráulico

Se puede observar la presencia de dos resistencias hidráulica lineales en serie, las cuales permiten modelar la caída de presión en el recorrido del agua por los tubos del sistema. Además, se puede observar la presencia de un reservorio de agua (constant volume chamber) el cual realiza la función de almacenamiento de energía potencial hidráulica y está gobernado por la siguiente ecuación[[8]](#footnote-8):

Sin la presencia del almacenamiento de agua, el sistema ideal que se muestra en la simulación no posee dinámica. La presión entre amabas resistencias estaría dada por la siguiente ecuación:

Que corresponde al divisor de tensión para el caso eléctrico.

## Límites de la analogía:

Para evitar desarrollar conceptos errados o llegar a resultados imprecisos es muy importante tener presente que en qué casos la analogía eléctrica e hidráulica es correcta. Un ejemplo es la ley de corrientes de Kirchhoff la cual no tiene una equivalencia en el mundo hidráulico incluso para el caso de fluidos idealmente incompresibles.

Otra de tantas regiones en las que difieren es en la propagación de ondas ya que las ondas de naturaleza eléctrica no necesitan un medio físico para propagarse y lo hacen a la velocidad de la luz mientras que una propagación ondulatoria en el caso hidráulico seria de naturaleza mecánica y a una velocidad inferior al de una onda electromagnética.

Nunca se puede perder de vista que la mecánica de fluidos es un área de muy alta complejidad y que esta clase de aproximaciones lineales para su dinámica es muy limitada en comparación con la diversidad de fenómenos que se estudian en esta disciplina.

1. <http://www.thermopedia.com/es/content/857/> **DOI:** [10.1615/AtoZ.h.hydraulic\_resistance](http://dx.doi.org/10.1615/AtoZ.h.hydraulic_resistance) [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://www.site.uottawa.ca/~rhabash/ESSModelFluid.pdf> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-electricity-with-hydrodynamics/> [↑](#footnote-ref-3)
4. AKERS, Arthur; GASSMAN, Max; SMITH, Richard. *Hydraulic power system analysis*. CRC press, 2006. p 338 - 340 [↑](#footnote-ref-4)
5. KYPUROS, Javier. *System Dynamics and Control with Bond Graph Modeling*. CRC Press, 2013. p. 27 – 60. [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://ece.uwaterloo.ca/~dwharder/Analogy/Inductors/> [↑](#footnote-ref-6)
7. <https://de.wikipedia.org/wiki/Hydraulische_Induktivit%C3%A4t> [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://la.mathworks.com/help/physmod/simscape/ref/constantvolumehydraulicchamber.html> [↑](#footnote-ref-8)