

## FÓRMULA DE HAZEN WILLIAMS PARA EL FLUJO DE AGUA (1903)

La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

La ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía debido a la fricción es aplicable para cualquier fluido newtoniano. Para el caso de flujo de agua en sistemas de tubería es conveniente un enfoque alternativo.

La fórmula de Hazen Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulg y menores de 6.0 pies. La velocidad del flujo no debe exceder los 10.0 pies/s. Asimismo, está elaborada para agua a 60 °F. Su empleo con temperaturas mucho más bajas o altas ocasionaría cierto error.

La fórmula de Hazen-Williams es específica en cuanto a las unidades.

1. En el sistema de unidades tradicional de Estados Unidos adopta la forma siguiente:

$$v = 1.32 C_h R^{0.63} S^{0.54}$$

Donde

**v** = velocidad promedio del flujo (pies/s)

**C<sub>h</sub>** = Coeficiente de Hazen- Williams (adimensional)

**R** = Radio hidráulico del conducto de flujo (pies)

**S** = Relación  $h_L/L$ : perdida de energía longitud del conducto (pies/pies)

2. Con unidades del Sistema internacional, la formula de Hazen-Williams es:

$$v = 0.85 C_h R^{0.63} S^{0.54}$$

Donde

**v** = Velocidad promedio del flujo (m/s)

**C<sub>h</sub>** = Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional)

**R** = Radio hidráulico del conducto de flujo (m)

**S** = Relación  $h_L/L$ : pérdida de energía longitud del conducto (m/m)

Igual que antes, el flujo volumétrico se calcula con  $Q = Av$ .

90 para tubos de acero soldado.  
 100 para tubos de hierro fundido.  
 128 para tubos de fibrocemento.  
 150 para tubos de polietileno de alta densidad.  
 Fibrocemento - 140  
 Hierro fundido - 100  
 Pipa dúctil alineada Cemento-Mortero del hierro - 140  
 Concreto - 100  
 Cobre - 150  
 Acero - 120  
 Acero galvanizado - 120  
 Polietileno - 150  
 Cloruro de polivinilo (PVC) - 150  
 Plástico Fibre-reinforced (FRP) - 150

El uso del radio hidráulico en la formula permite su aplicación a secciones no circulares y también a circulares. Para las secciones circulares se emplea  $R = D/4$ .

El coeficiente  $C_h$  solo depende de la condición de la superficie de la tubería o conducto. Los valores comunes se los observa en la tabla. Notando un aumento de valores debido a la suciedad inmersa posterior a su uso.

Tipo de Tubo	$C_h$	
	Promedio para tuberías nuevas y limpias	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrífuga de cemento o revestimiento bituminoso	150	140
Plástico, cobre, latón, vidrio	140	130
Acero, hierro fundido, sin recubrimiento	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

#### Otras fórmulas también aplicadas:

Las ecuaciones anteriores permiten el cálculo directo de la velocidad de flujo para un tipo y tamaño dados de conducto. Cuando se conoce o especifica la perdida de energía por unidad de longitud. El flujo volumétrico se calcula con  $Q = Av$ , sencillamente. Es frecuente que se quiera utilizar Otras cálculos para:

1. Determinar el tamaño de tubería que se requiere para conducir un flujo volumétrico dado con una pérdida de energía limitada a cierto valor especificado.
2. Obtener lo perdido de energía para un flujo volumétrico dado a través de una tubería conociendo su tamaño y longitud.

La siguiente tabla adopta varias formas referentes a la fórmula de Hazen-Williams y que facilitan dichos cálculos.

Unidades tradicionales de E.E.U.U.	Unidades del S.I.
$v = 1.32C_h R^{0.63} s^{0.54}$	$v = 0.85C_h R^{0.63} s^{0.54}$
$Q = 1.32AC_h R^{0.63} s^{0.54}$	$Q = 0.85AC_h R^{0.63} s^{0.54}$
$h_L = L \left[ \frac{Q}{1.32AC_h R^{0.63}} \right]^{1.852}$	$h_L = L \left[ \frac{Q}{0.85AC_h R^{0.63}} \right]^{1.852}$
$D = \left[ \frac{2.31Q}{C_h s^{0.54}} \right]^{0.380}$	$D = \left[ \frac{3.59Q}{C_h s^{0.54}} \right]^{0.380}$
<i>Nota:</i> las unidades deben ser consistentes:	
$v$ en pies/s	$v$ en m/s
$Q$ en pies <sup>3</sup> /s	$Q$ en m <sup>3</sup> /s
$A$ en pies <sup>2</sup>	$A$ en m <sup>2</sup>
$h_L$ , $L$ , $R$ y $D$ en pies	$h_L$ , $L$ , $R$ y $D$ en m
$s$ en pies/pies (adimensional)	$s$ en m/m (adimensional)

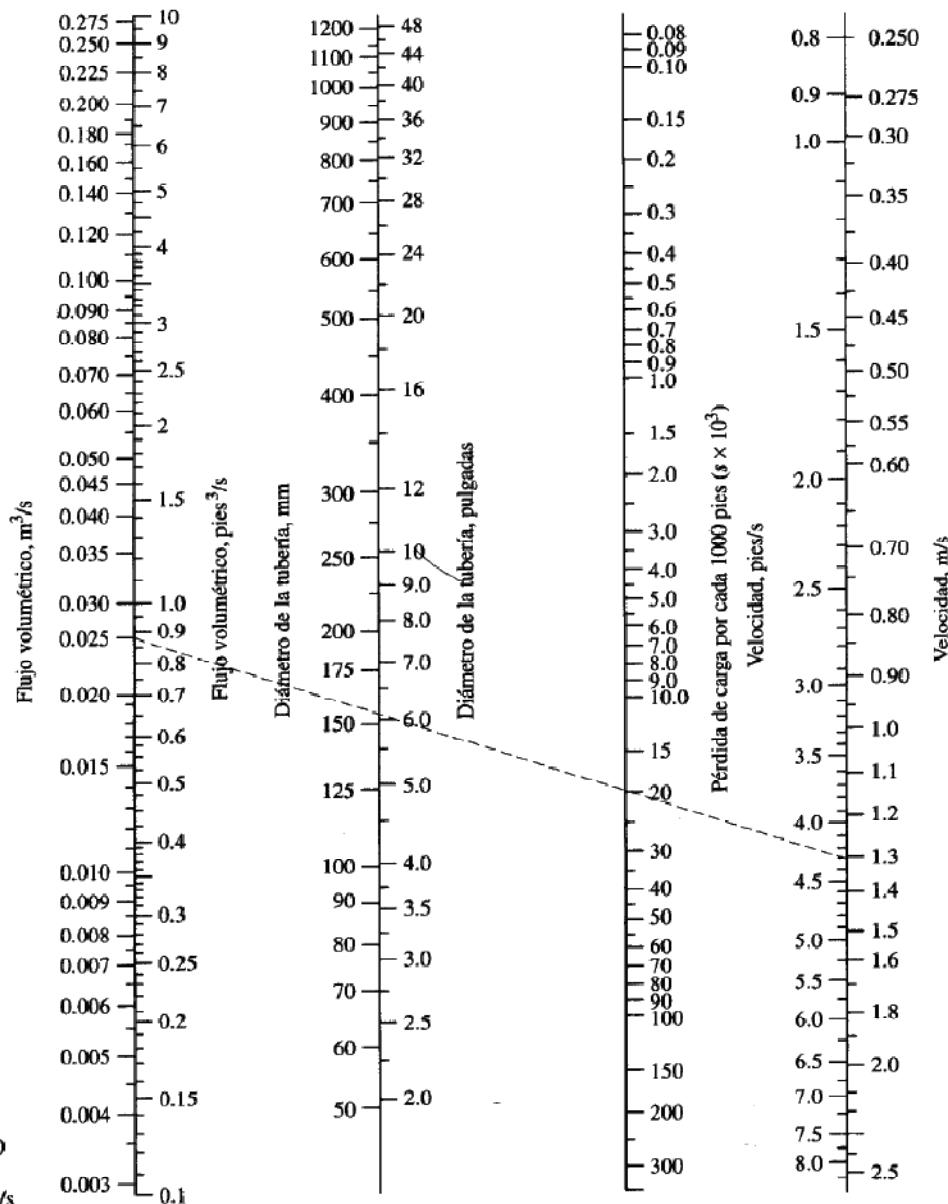
### Nomograma Para Resolver La Formula De Hazen-Williams

El nomograma presentado en la figura permite resolver la formula de Hazen-Williams con sólo alinear cantidades conocidas por medio de una recta y leer las incógnitas en la intersección de esta con el eje vertical apropiado. Si las condiciones reales de la tubería garantizan el empleo de un valor diferente de  $C_h$ , se emplean las formulas siguientes para ajustar los resultados. El subíndice 100 se refiere al valor que se lee en el nomograma para  $C_h = 100$ . El subíndice c se refiere al valor para el  $C_h$  dado.

$v_c = v_{100}(C_h/100)$	[velocidad]
$Q_c = Q_{100}(C_h/100)$	[flujo volumétrico]
$D_c = D_{100}(100/C_h)^{0.38}$	[diámetro de la tubería]
$s_c = s_{100}(100/C_h)^{1.85}$	[pérdida de carga/longitud]

Un uso frecuente de un nomograma consiste en determinar el tamaño de tubería que se requiere para conducir un flujo volumétrico dado, al mismo tiempo que se limita la perdida de energía a cierto valor especificado. Por esto constituye una herramienta conveniente de diseño.

## EJEMPLOS



$$D = 0.5054ft = 6.065in; A = 0.2006ft^2$$

$$R = \frac{D}{4} = 0.1264ft; C_h = 100$$

$$h_L = 1200 \left[ \frac{0.668}{(1.32)(0.2006)(100)(0.1264)^{0.63}} \right]^{1.852} = 14.72ft$$