

### Las Velocidades Máximas en los Cálculos Hidráulicos

Hay un estudio que se hizo en la AFSA (American Fire Sprinkler Association) por Roland Huggins y provocó un cambio en el concepto de velocidad en las tuberías para el cálculo hidráulico. Antes la NFPA 13 recomendaba en su apéndice trabajar con velocidades que no superen los 20 pies por segundo, pero este estudio demostró que ese concepto era relativamente errado, y provocó un cambio en la norma, que ahora no restringe la velocidad en ningún caso, sino que la deja dependiente de la presión disponible que hubiera en el sistema.

El estudio de Roland Huggins se basa en una comparación entre los cálculos efectuados con el método de Hazen-Williams y el método de Darcy-Weisbach, debido a que para velocidades que superan los 20 pies por segundo, el método de Darcy-Weisbach es más conservador y se mantiene más conservador cuando las velocidades son muy altas. Este estudio ha demostrado que el nivel de desviación entre ambos métodos para velocidades de hasta 40 pies por segundo, resulta insignificante en términos reales.

Sin embargo la NFPA conservadoramente indica que tampoco eso significa que podemos trabajar con cualquier velocidad sino que establece un criterio de “normalidad” en las condiciones de aplicabilidad de la velocidad. Este concepto es particularmente importante en sistemas que combinan mangueras para uso de los ocupantes que trabajan a presiones mínimas de 65 psi o mangueras para uso de los bomberos que trabajan a presiones mínimas de 100 psi, en conjunción con los rociadores que sólo requieren 7 psi. Es tanta la presión diferencial entre ambos sistemas, que la única forma de aprovecharla es incrementar las velocidades por encima de los 20 pies por segundo, yo recomendaría no más de 40 pies por segundo, salvo tramos cortos que podemos incrementar la velocidad un poco más. Sin embargo como dice la NFPA tampoco se trata de llevar la velocidad al infinito, aun cuando haya presión disponible, por cuanto la fórmula empírica de Hazen-Williams se hizo bajo condiciones de velocidad menores de 30 pies por segundo.

En resumen, Roland Huggins concluye que no hay una suficiente desviación que garantice que al trabajar con una velocidad máxima del agua de 20 pies por segundo, simplemente hará que el diseño sea más conservador, ni tampoco que el hecho de trabajar con altas velocidades crea inexactitudes suficientes como para invalidar los cálculos hidráulicos basados en la ecuación de Hazen-Williams.

Existen entidades que persisten en limitar la velocidad suponiendo que eso hace más conservador el diseño, por ejemplo FM (Factory Mutual) limita la velocidad de los sistemas calculados bajo el Método de Hazen-Williams a no más de 30 pies por segundo, si estas velocidades son superadas exige usar el método de Método de Darcy-Weisbach. Partiendo del análisis realizado por Roland Huggins este criterio estaría errado, puesto que él ha demostrado que los cálculos de Hazen-Williams permiten obtener resultados que efectivamente producen errores y desviaciones, que pueden llegar a ser significantes en términos porcentuales, pero que en términos reales son insignificantes.

¿Por qué toda esta discusión resulta relevante? Precisamente porque cálculos con velocidades altas permiten diámetros menores en los sistemas de rociadores, situación que lleva a menores costos y por ende refuerza el concepto que deberíamos tener detrás de la protección contra incendios, y que se basa en el hecho de que mientras más eficiente hagamos el sistema, lo haremos menos costoso y

concentraremos los recursos de la manera más efectiva posible, creando los mecanismos que permitan que la seguridad contra incendios llegue a más personas.

Para tener una idea de los niveles de sobredimensionamiento que pueden acarrear diseñar sistemas de rociadores sin tomar en cuenta las velocidades a los que se pueden llevar los cálculos, a continuación compararemos las velocidades máximas que se alcanzan cuando los diseños se trabajan con las tablas de tubería que se usan para diseños rápidos según NFPA 13 y que están prohibidos en muchos casos o tienen muchas limitaciones en otros. Paradójicamente la mayoría de “diseñadores” siguen trabajando con tablas de tuberías, ya que en muchos casos la autoridad competente no exige cálculos hidráulicos.

La primera tabla muestra el número de rociadores establecido por el método de tablas de tuberías y el caudal máximo que se prevé descargarán los rociadores clasificados como Riesgo Leve y Ordinario. Para calcular el caudal máximo hemos asumido que el

Dn Pulg	Di Pulg		#Roc #		Qmax gpm		Velmax RL p/s en C10		Velmax RO p/s en C40		Eficiencia %
	C10	C40	RL	RO	RL	RO	RL	RO	RL	RO	
1"	1.097	1.049	2.00	2.00	39.00	45.00	13.25	15.29	14.49	16.72	8.56%
1 1/4"	1.442	1.380	3.00	3.00	58.50	67.50	11.50	13.27	12.56	14.49	8.41%
1 1/2"	1.682	1.610	5.00	5.00	97.50	112.50	14.09	16.25	15.38	17.74	8.38%
2"	2.157	2.067	10.00	10.00	195.00	157.50	17.13	13.84	18.66	15.07	8.17%
2 1/2"	2.639	2.469	30.00	20.00	234.00	157.50	13.73	9.24	15.69	10.56	12.47%
3"	3.260	3.068	60.00	40.00	234.00	157.50	9.00	6.06	10.16	6.84	11.43%
3 1/2"	3.760	3.548	100.00	65.00	234.00	157.50	6.77	4.55	7.60	5.11	10.96%
4"	4.260	4.026	100.00	100.00	234.00	157.50	5.27	3.55	5.90	3.97	10.68%
6"	6.357	6.065	275.00	275.00	234.00	157.50	2.37	1.59	2.60	1.75	8.98%

rociador alcanza su máxima área de cobertura permitida a la densidad mínima exigida para el riesgo, en función del número máximo de rociadores que podrían abrirse en caso de incendio según NFPA 13. Asimismo hemos ensayado los cálculos tanto para tubería Cédula 10 como Cédula 40. Como se puede observar de esta tabla, concluimos lo siguiente:

- Las velocidades que se alcanzan bajo esta premisa normativa oscilan entre 1.75 y 17.74 pies por segundo. Es decir se encuentran muy por debajo de los límites establecidos por normativas tan conservadoras como FM (Factory Mutual).
- Existe una eficiencia que oscila entre el 8.17% hasta el 12.47% por usar tuberías de Cedula 10 en vez de Cédula 40, es importante tomar en consideración el gran efecto que tiene una pequeña reducción en el diámetro interior con respecto a la eficiencia del sistema hidráulico global.
- A partir de cierto diámetro, el número de rociadores que se abren es el mismo por cuanto se alcanzó el máximo tamaño de incendio previsto por la norma NFPA 13, en consecuencia las velocidades caen notablemente a partir de este punto.
- Queda demostrado que usar diámetros mayores a 2 1/2" en las estaciones controladoras de flujo no aporta ningún beneficio hidráulico al sistema, sólo encarece el equipamiento.

Ensayaremos ahora en la segunda tabla cuántos serían los rociadores que podrían ser alimentados por una tubería si quisiéramos llevar las velocidades a promedios alrededor de los 30 pies por segundo. Los resultados arrojan lo siguiente:

Dn Pulg	Di Pulg		#Roc #		Qmax gpm		Velmax RL p/s en C10		Velmax RO p/s en C40		Eficiencia %
	C10	C40	RL	RO	RL	RO	RL	RO	RL	RO	
1"	1.097	1.049	4.00	4.00	78.00	90.00	26.49	30.57	28.97	33.43	8.56%
1 1/4"	1.442	1.380	7.00	7.00	136.50	157.50	26.83	30.96	29.30	33.81	8.41%
1 1/2"	1.682	1.610	7.00	9.00	136.50	202.50	19.72	29.26	21.53	31.93	8.38%
2"	2.157	2.067	7.00	12.00	136.50	157.50	11.99	13.84	13.06	15.07	8.17%
2 1/2"	2.639	2.469	7.00	12.00	234.00	157.50	13.73	9.24	15.69	10.56	12.47%
3"	3.260	3.068	7.00	12.00	234.00	157.50	9.00	6.06	10.16	6.84	11.43%
3 1/2"	3.760	3.548	7.00	12.00	234.00	157.50	6.77	4.55	7.60	5.11	10.96%
4"	4.260	4.026	7.00	12.00	234.00	157.50	5.27	3.55	5.90	3.97	10.68%
6"	6.357	6.065	7.00	12.00	234.00	157.50	2.37	1.59	2.60	1.75	8.98%

- Para velocidades de alrededor 30 pies por segundo se pueden alimentar hasta 4 rociadores con un tubo de 1", 7 rociadores con un tubo de 1 1/4" y 9 rociadores con un tubo de 1 1/2".
- La eficiencia de usar tubería cédula 10 se mantiene y es independiente del análisis, pues esta depende únicamente del diámetro interior de las tuberías.
- A partir de cierto diámetro, el número de rociadores que se abren es el mismo por cuanto se alcanzó el máximo tamaño de incendio previsto por la norma NFPA 13, en consecuencia las velocidades caen notablemente a partir de este punto.
- En los casos en que tengamos suficiente presión disponible, queda demostrado que usar diámetros mayores a 2" en las estaciones controladoras de flujo no aporta ningún beneficio hidráulico al sistema, sólo encarece el equipamiento.

Finalmente procederemos a evaluar los cálculos anteriores pero usando rociadores de respuesta rápida en techos que no superen los 3 metros de altura, lo que es un caso típico de diseño. Vemos ahora que el diámetro máximo con que se podría alimentar todo un

Dn Pulg	Di Pulg		#Roc #		Qmax gpm		Velmax RL p/s en C10		Velmax RO p/s en C40		Eficiencia %
	C10	C40	RL	RO	RL	RO	RL	RO	RL	RO	
1"	1.097	1.049	5.00	4.00	97.50	90.00	33.12	30.57	36.22	33.43	8.56%
1 1/4"	1.442	1.380	5.00	7.00	97.50	157.50	19.17	30.96	20.93	33.81	8.41%
1 1/2"	1.682	1.610	5.00	7.00	97.50	157.50	14.09	22.76	15.38	24.84	8.38%
2"	2.157	2.067	5.00	7.00	97.50	157.50	8.57	13.84	9.33	15.07	8.17%
2 1/2"	2.639	2.469	5.00	7.00	234.00	157.50	13.73	9.24	15.69	10.56	12.47%
3"	3.260	3.068	5.00	7.00	234.00	157.50	9.00	6.06	10.16	6.84	11.43%
3 1/2"	3.760	3.548	5.00	7.00	234.00	157.50	6.77	4.55	7.60	5.11	10.96%
4"	4.260	4.026	5.00	7.00	234.00	157.50	5.27	3.55	5.90	3.97	10.68%
6"	6.357	6.065	5.00	7.00	234.00	157.50	2.37	1.59	2.60	1.75	8.98%

sistema de rociadores podría ser hasta 1 1/4", y queda demostrado que usar diámetros mayores a 1 1/2" en las estaciones controladoras de flujo no aporta ningún beneficio hidráulico al sistema, sólo encarece el equipamiento.

Si bien el análisis realizado en el presente artículo es un análisis de velocidades, sin tomar en consideración las pérdidas de presión en el sistema, queda demostrado que el único límite práctico que debería imponerse el diseñador al momento de calcular, es la presión disponible que hubiera en el sistema, cuidando de no incrementar excesivamente la presión y potencia de la bomba contra incendios, pero favoreciendo el uso de velocidades altas, sobre todo cuando se conjugan sistemas de mangueras para uso de los ocupantes o de los bomberos, que trabajan con presiones relativas mucho más altas de las que requiere un sistema de rociadores.

## Conclusiones

- El estudio de la AFSA (American Fire Sprinkler Association) realizado por Roland Huggins ha demostrado que restringir la velocidad en las tuberías es irrelevante, debido a que la desviación en los cálculos efectuados por el método de Hazen-Williams resulta insignificante en términos reales.
- Existen entidades que persisten en limitar la velocidad suponiendo que eso hace más conservador el diseño, el estudio de Roland Huggins ha demostrado que no hay una suficiente desviación que garantice que al trabajar con una velocidad máxima del agua de 20 pies por segundo, simplemente hará que el diseño sea más conservador, ni tampoco que el hecho de trabajar con altas velocidades crea inexactitudes suficientes como para invalidar los cálculos hidráulicos basados en la ecuación de Hazen-Williams.

- Este estudio abre la posibilidad de promover el uso de velocidades altas que permiten diámetros menores en los sistemas de rociadores, situación que lleva a menores costos.
- El análisis efectuado con el dimensionamiento por tablas de tubería, demuestra que este método es extremadamente conservador causando un excesivo uso de materiales en detrimento de los costos del sistema.
- Si se trabajara con velocidades de alrededor 30 pies por segundo se podrían reducir ostensiblemente los costos de los sistemas de rociadores, además de promover el uso de tuberías de mayor diámetro interior, como la tubería cedula 10.
- Promover el uso de rociadores de respuesta rápida no sólo significa reducir las cargas calóricas mediante la activación más temprana de los rociadores, sino también reducir ostensiblemente el costo del sistema, tanto por reducción en el diámetro de las tuberías, como la reducción en los caudales, presiones y potencias de bombas contra incendio, y la reducción consecuente de todos los otros accesorios que proporcionalmente se ven notablemente reducidos cuando se aplican los criterios establecidos por la normativa NFPA 13.
- Si bien el análisis realizado en el presente artículo es un análisis de velocidades, sin tomar en consideración las pérdidas de presión en el sistema, queda demostrado que el único límite práctico que debería imponerse el diseñador al momento de calcular, es la presión disponible que hubiera en el sistema.

## Resultados del Estudio de Roland Huggins

Figure 2 Result of the friction loss calculations.

4" Schedule 40 Steel Pipe (4.026 inch)							
Velocity (ft/s)	Q (gpm)	C HW	Loss/ft HW	Fric Factor DW	Loss/ft DW	Difference HW/DW	
10	397	140	0.035	0.018	0.036	-2.68%	
15	595	140	0.075	0.175	0.079	-5.80%	
20	794	140	0.127	0.174	0.14	-9.26%	
25	992	140	0.192	0.173	0.217	-11.74%	
30	1190	140	0.269	0.171	0.309	-13.12%	
32	1270	140	0.303	0.171	0.352	-13.96%	
35	1389	140	0.357	0.169	0.416	-14.10%	
40	1587	140	0.457	0.167	0.537	-14.79%	

  

3" Schedule 40 Steel Pipe (3.068 inch)							
Velocity (ft/s)	Q (gpm)	C HW	Loss/ft HW	Fric Factor DW	Loss/ft DW	Difference HW/DW	
10	230	140	0.048	0.0188	0.05	-2.41%	
15	346	140	0.102	0.0185	0.11	-6.68%	
20	461	140	0.174	0.0183	0.193	-9.65%	
25	576	140	0.263	0.018	0.297	-11.16%	
30	691	140	0.369	0.0178	0.422	-12.59%	
32	737	140	0.416	0.0178	0.48	-13.43%	
35	806	140	0.491	0.0177	0.572	-14.10%	
40	922	140	0.628	0.0175	0.738	-14.85%	

  

2" Schedule 40 Steel Pipe (2.067 inch)							
Velocity (ft/s)	Q (gpm)	C HW	Loss/ft HW	Fric Factor DW	Loss/ft DW	Difference HW/DW	
10	105	140	0.077	0.021	0.082	-6.57%	
15	157	140	0.163	0.0202	0.178	-8.66%	
20	209	140	0.277	0.0199	0.311	-11.14%	
25	261	140	0.418	0.0196	0.479	-12.75%	
30	314	140	0.586	0.0195	0.687	-14.67%	
32	335	140	0.66	0.0194	0.777	-15.05%	
35	366	140	0.779	0.0193	0.925	-15.75%	
40	418	140	0.998	0.0192	1.202	-17.00%	

  

1" Schedule 40 Steel Pipe (1.049 inch)							
Velocity (ft/s)	Q (gpm)	C HW	Loss/ft HW	Fric Factor DW	Loss/ft DW	Difference HW/DW	
10	27	140	0.17	0.0248	0.191	-11.22%	
15	40	140	0.359	0.024	0.416	-13.67%	
20	54	140	0.612	0.0238	0.734	-16.62%	
25	67	140	0.925	0.0235	1.132	-18.34%	
30	81	140	1.206	0.0232	1.61	-19.51%	
32	86	140	1.46	0.0232	1.831	-20.29%	
35	94	140	1.723	0.0231	2.181	-21.01%	
40	108	140	2.206	0.0229	2.825	-21.90%	