

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



TUTORIAL HOJA DE CÁLCULO DISEÑO ALCANTARILLADO EAAB-ESP

1. INTRODUCCIÓN

El saneamiento básico hace parte del mejoramiento de la calidad de vida y del desarrollo de nuestro país. Por esto PAVCO-WAVIN que busca siempre la contribución al crecimiento del país con nuevas tecnologías no solo ha desarrollado desde hace ya varios años las tuberías (NOVAFORT y NOVALOC) con las más novedosas tecnologías tanto de producción como de ingeniería del producto, conjugada con los mejores materiales. También ha ahondado en la actualización de un libro de cálculo para el diseño de alcantarillado que se ajuste a las normas establecidas en el ámbito nacional y local. Para la utilización de clientes y optimización de sus diseños.

Este libro de cálculo es una herramienta útil para el diseño hidráulico, el cálculo de cimentación y el análisis de cantidad de obra para los proyectos de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado. Los datos pueden y deben ser modificados de acuerdo con sus requerimientos, pero no puede ser modificado el uso de las tuberías, es decir no puede ingresarse información referida a otros materiales diferentes a los fabricados por PAVCO-WAVIN ya que la hoja se encuentra formulada internamente.

A continuación, se presentan unas recomendaciones generales y posteriormente una breve descripción para cada una de las hojas de cálculo que se encuentran en el libro.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



2. RECOMENDACIONES GENERALES

- Cuando el computador por seguridad inhabilita los macros, se debe ajustar el nivel de seguridad para habilitarlas.

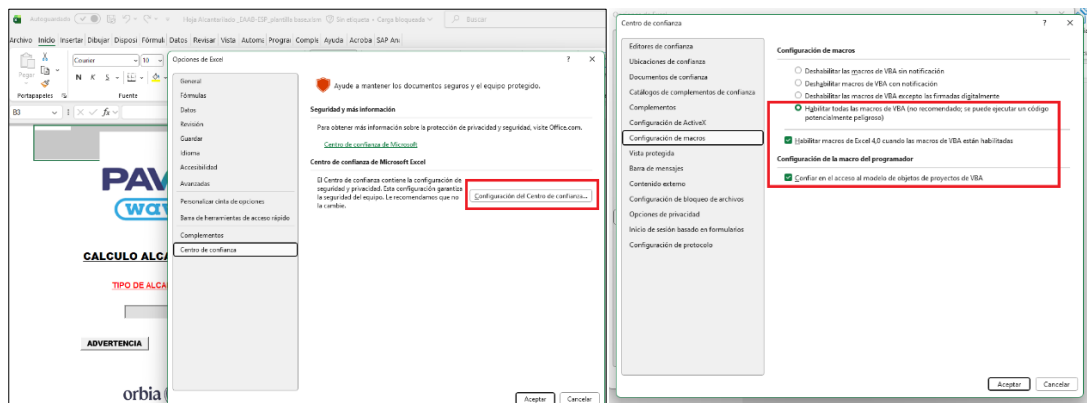


Figura 1. Habilitar macros.

- Lo primero que se debe hacer para el buen funcionamiento de la hoja es seleccionar el tipo de alcantarillado a utilizar. Luego se debe referir el nombre del proyecto y el diseñador. Posteriormente se deben introducir todos los datos que se encuentran en las casillas con títulos en color **ROJO** (como los que se encuentran en este documento), cuando requiera modificar alguna de las fórmulas de las celdas, hágalo directamente en esta y no introduzca el dato de forma numérica.
- Las fórmulas toman valores de varias hojas de cálculo, por lo tanto se debe verificar su funcionamiento en caso de que se requiera insertar alguna fila
- Cuando se tiene un pozo en el que confluyen más de un tramo es necesario reformular las cotas bateas o claves con que se diseña el perfil del sistema y el coeficiente de escorrentía promedio (para el caso del alcantarillado pluvial).

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- Cuando se está diseñando un alcantarillado sanitario, la información también aparece en la hoja del alcantarillado pluvial para hacer los cálculos de las hojas de perfil, cimentación y cantidades de obra.
- La hoja controla los límites superiores e inferiores de los parámetros de diseños establecidos por las normas. Cuando se presenta incumplimiento de algunos de estos la celda se colorea de amarillo y en algunas celdas (pendiente, relación de caudales, velocidad y fuerza cortante, etc.) se muestra un mensaje indicando los valores que se deben cambiar.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



3. MENÚ

En esta primera hoja, se encuentran las opciones de cálculo de todo el libro, haciendo clic en cualquiera de los iconos se puede acceder a la hoja de cálculo requerida. (Ver Figura 2)

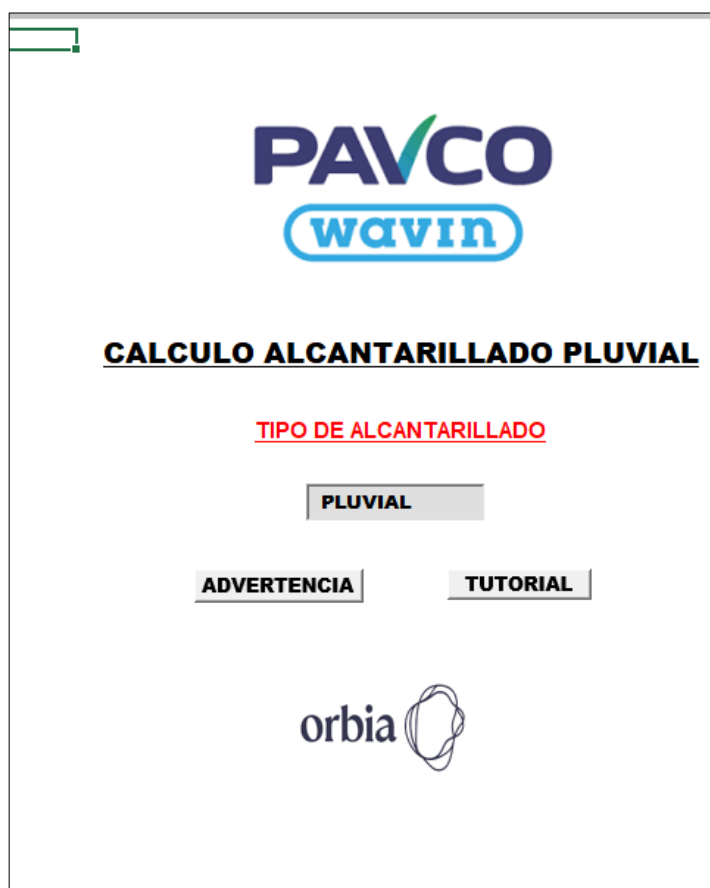


Figura 2. Esquema de la hoja Menú.

Para realizar el diseño del alcantarillado el primer paso que se debe realizar es seleccionar el **TIPO DE ALCANTARILLADO** en la primera hoja de Menú, al escoger el tipo de alcantarillado se pasará automáticamente a la hoja correspondiente (*pluvial* o *sanitario*). Para los alcantarillados combinados debe introducir primero la información de la hoja *pluvial* y posteriormente introducir las

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



áreas en la hoja *sanitario* (ver Figura 3), priman las condiciones del alcantarillado pluvial. Para los alcantarillados separados es necesario utilizar dos hojas de cálculo independientes.

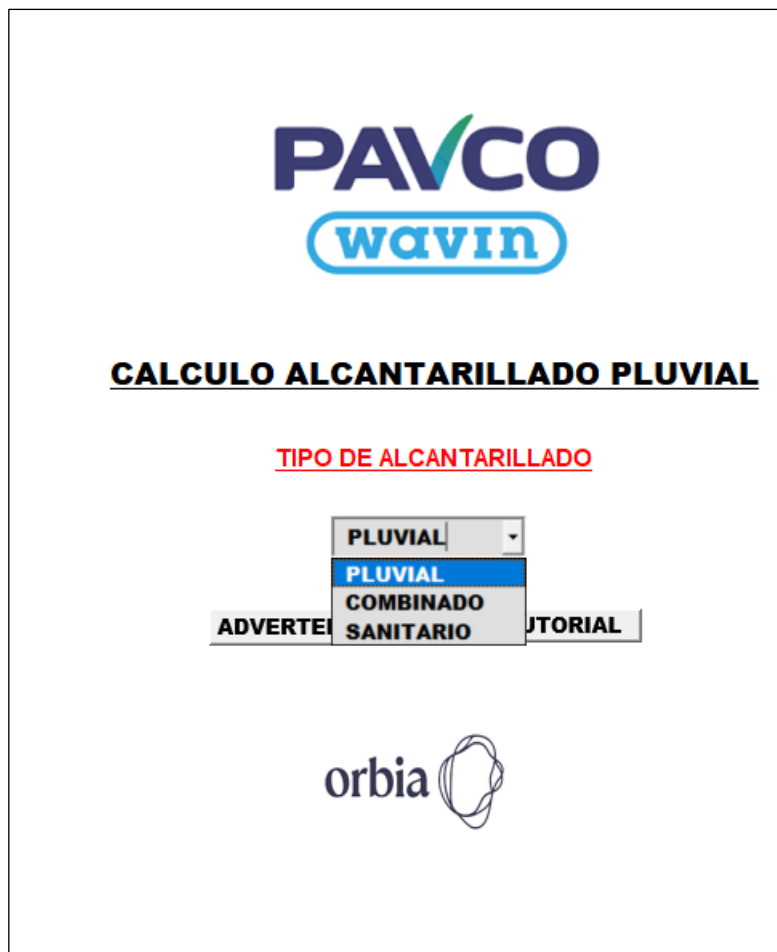


Figura 3. Selección del tipo de alcantarillado.

Nota: Es indispensable definir el tipo de alcantarillado para que los datos sean mostrados en sus respectivas hojas.

A continuación, se presenta el procedimiento para el ingreso de datos en el diseño de cada uno del tipo de alcantarillados.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



4. ALCANTARILLADO PLUVIAL

En esta hoja se realizan los cálculos hidráulicos del alcantarillado pluvial teniendo en cuentas todas las condiciones de diseño establecidas por la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá según la norma NS-085 “Criterios de diseño de sistemas de Alcantarillado” versión 4.2). Lo primero que hay que ingresar es la información del nombre del **proyecto** y del **diseñador**. (Ver Figura 4).

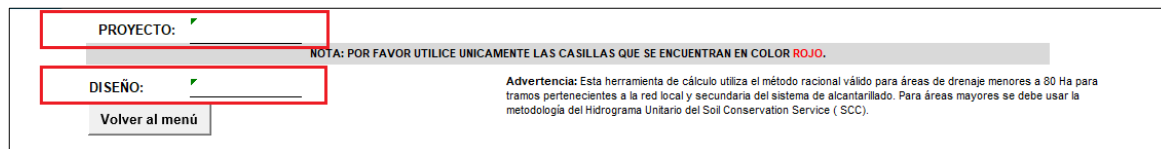


Figura 4. Ingreso de identificación del proyecto.

Se inicia con el diligenciamiento de la información hidrológica, es decir, los datos de los coeficientes remitidos en los datos técnicos de la EAAB-ESP para la curva de duración-Intensidad Frecuencia (**C1**, **X0**, **C2**) más cercana (Ver cuadro superior derecho), para los tiempos de retorno de 5 y 10 años).

$$I = C1 * (X0 + Tc)^{C2}$$

T_r	C1	X0	C2
5			
10			

Figura 5. Ingreso de la Curva de Duración-Intensidad-Frecuencia.

Después de ingresar los datos de la curva de intensidad, se empieza con la información de cada uno de los tramos (Ver Figura 6).

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Área Acumulada:** Es la suma del área propia + otras.

Tiempo de Concentración

- **Tiempo de Entrada:**

Se debe calcular con la metodología de Kirpich teniendo en cuenta la siguiente ecuación

$$t_e = 3.9756 \cdot K \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Cuando son tramos iniciales el tiempo mínimo tomado será de 8 minutos

- **Longitud Entrada (L):** Es la distancia del punto más lejano del área o cuenca hasta el punto de interés del tramo de inicio. Solo se ingresa este valor cuando es tramo inicial. Esta expresado en unidades de km.
- **Factor K:** Factor que depende de tipo de superficie de la cuenca.

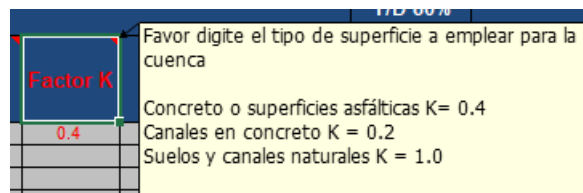


Figura 7. Factor K

- **Pendiente:** Pendiente ponderada del cauce.

- **Tiempo de Tránsito:**

Calcula el tiempo que tarda el agua en recorrer el tramo de tubería para una velocidad a una profundidad del agua al 80% de la profundidad máxima, es

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



decir para una relación hidráulica $Y/D = 0.80$. Se emplea la siguiente ecuación

$$t_t = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$$

Para poder calcular este valor es necesario que ingrese los valores de **Longitud, pendiente y diámetro nominal** que se encuentran en las columnas O, P y Q de la hoja.

- **Tiempo de Concentración:**

Está definido como la sumatoria entre el tiempo de entrada y el tiempo de tránsito. Para los pozos iniciales el tiempo mínimo de concentración debe ser de 15 minutos. Este valor tiene que irse acumulando tramo a tramo.

Diseño Hidráulico

- **Período de retorno de diseño (Tr):** La selección del periodo de retorno está asociada con las características de protección e importancia del área de estudio. Este se calcula de acuerdo con la norma NS-085 del Acueducto Aguas y Alcantarillado De Bogotá. El usuario definirá en este caso si el período a emplearse es de 5 o de 10 años

Años	l/s Ha	C	C _{prom}	l/s
5	200.01			
5	200.01			

Figura 8. Definición del período de retorno

- **Intensidad [L/s/ha]:** Es calculada a partir de Tc (tiempo de concentración) y las constantes de la curva dependiendo del período de retorno. Las ecuaciones se presentan en la parte superior de la hoja de cálculo al igual que las casillas para la entrada de las constantes.
- **Coeficiente de escorrentía C:** Este coeficiente está en función del tipo del nivel de desarrollo del área, del tipo de superficie, de la pendiente del terreno, y del periodo de retorno. Estas características determinan la fracción de lluvia que se convierte en escorrentía. Este valor debe ser diligenciado por el usuario teniendo en cuenta lo establecido en el siguiente cuadro

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA C. Cuadro 1 NS-085 v 4.2					
Características de la superficie	Periodo de retorno (años)				
	5	10	25	60	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95
Concreto / Techo	0.60	0.63	0.68	0.72	0.77
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47
Promedio, 2-7%	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53
Pendiente superior al 7%	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% de área)					
Plano, 0-2%	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio, 2-7%	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente superior al 7%	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36
Promedio, 2-7%	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
Pendiente superior al 7%	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Áreas no desarrolladas					
Área de cultivos					
Plano, 0-2%	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio, 2-7%	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente superior al 7%	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Pastizales					
Plano, 0-2%	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio, 2-7%	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente superior al 7%	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Bosques					
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
Promedio, 2-7%	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Pendiente superior al 7%	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Figura 9. Tipos de coeficiente de escorrentía

- **Coeficiente de escorrentía promedio (Cprom):** El coeficiente es promediado de acuerdo al área de drenaje de los tramos anteriores que tengan continuidad.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Verifique si son los tramos necesarios y suficientes, y si es un pozo repetido (es decir que llegan más de un tramo al pozo) se debe reformular el promedio.

- **Caudal de diseño (q):** Calcula el caudal real a partir de la intensidad, el área acumulada y el coeficiente de escorrentía. $q = A_{\text{acum}} \times C_{\text{prom}} \times I$. Si el alcantarillado es combinado se le suma el caudal sanitario solo si este es más del 5% del caudal pluvial.
- **Longitud:** Es la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo. Debe haberse ingresado para los cálculos del tiempo de concentración.
- **Pendiente:** Pendiente de la tubería del tramo en porcentaje (%).
- **Diámetro Nominal:** Ingrese el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según Norma NS-085 Acueducto Aguas y Alcantarillado De Bogotá, es de 315 mm S8 o S4, este diámetro debe ser modificado por el diseñador cuando la relación $q/Q > 1$, aumentando al diámetro comercial siguiente. Se debe tener en cuenta que para ingresar diámetros de la línea NOVAFORT debe hacerse en milímetros (mm) especificando el tipo de tubería (serie 4, serie 6, serie 8) y los de la línea NOVALOC debe hacerse en pulgadas (pulg), porque de lo contrario la hoja estará tomando valores erróneos. Únicamente se puede ingresar los valores de las tuberías fabricadas por PAVCO WAVIN, las características de las tuberías que se pueden utilizar para realizar los diseños se muestran a continuación en la Figura 10.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



DATOS DE TUBERÍA NOVALOC, NOVAFORT										
Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez		Bd m	n	Long efec	Norma	Nombre	
			psi	Kg/m2						
110-S8	mm	99.00	0.110	57.00	40084.39	0.51	0.009	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.160	57.00	40084.39	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.200	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.250	57.00	40084.39	0.75	0.009	5.85	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.315	57.00	40084.39	0.82	0.009	5.80	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S8	mm	327.00	0.355	57.00	40084.39	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.400	57.00	40084.39	1.10	0.009	5.76	NTC-3722-1	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.450	57.00	40084.39	1.15	0.009	5.73	NTC-3722-1	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.500	57.00	40084.39	1.20	0.009	5.70	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S4	mm	147.00	0.160	28.00	19690.58	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-3	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.200	28.00	19690.58	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.250	28.00	19690.58	0.75	0.009	5.87	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.315	28.00	19690.58	0.82	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.355	28.00	19690.58	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.400	28.00	19690.58	1.10	0.009	5.77	NTC-3722-1	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.656	28.00	19690.58	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.730	28.00	19690.58	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.813	28.00	19690.58	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S4	pulgadas	824.00	0.898	28.00	19690.58	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S4	pulgadas	900.00	0.980	28.00	19690.58	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S4	pulgadas	977.60	1.065	28.00	19690.58	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S4	pulgadas	1054.00	1.149	28.00	19690.58	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S4	pulgadas	1127.00	1.242	28.00	19690.58	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S4	pulgadas	1203.00	1.325	28.00	19690.58	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
24-S6	pulgadas	534.70	0.656	46.00	32340.00	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S6	pulgadas	669.80	0.730	46.00	32340.00	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S6	pulgadas	746.50	0.813	46.00	32340.00	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S6	pulgadas	823.10	0.898	46.00	32340.00	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S6	pulgadas	898.40	0.980	46.00	32340.00	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S6	pulgadas	974.90	1.065	46.00	32340.00	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S6	pulgadas	1050.80	1.149	46.00	32340.00	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S6	pulgadas	1126.90	1.242	46.00	32340.00	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S6	pulgadas	1202.80	1.325	46.00	32340.00	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
51	pulgadas	1295.00	1.363	10.00	7032.35	2.36	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.09	1.423	10.00	7032.35	2.42	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
57	pulgadas	1452.00	1.516	10.00	7032.35	2.52	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.586	10.00	7032.35	2.59	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC

Figura 10. Tabla de las características de las tuberías disponibles

- **Diámetro Interior:** Es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.
- **n:** El valor del coeficiente de Manning de acuerdo con el diámetro nominal elegido. Para tuberías NOVAFORT es de 0.009 y NOVALOC de 0.010.
- **Velocidad a tubo lleno (V):** Es la velocidad del agua cuando el tubo está lleno, es decir que $q/Q = 1$. Se calcula con la fórmula de Manning suponiendo que el flujo del alcantarillado es uniforme:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

Donde, n: Coeficiente de Manning, R: Radio Hidráulico, So: Pendiente.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Caudal a tubo lleno (Q):** Es el caudal que transporta el tubo cuando está lleno.

$$Q(l/s) = V.A = V.\pi.\frac{D^2}{4} * 1000$$

- **Relación q/Q:** Es la relación entre el caudal real de diseño (q) y el caudal a tubo lleno. Para el pluvial esta relación debe ser menor o igual a 1.
- **Velocidad de diseño (v):** Es la velocidad del agua con el caudal real de diseño. La velocidad mínima en sistema pluviales es aquella que garantice que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3.0 N/m² (0.3 kg/m²) para el caudal de diseño, y mayor o igual a 1.5 N/m² (0.15 kg/m²) para el 10% de la capacidad a tubo lleno. De otra parte, se debe verificar que la velocidad no pase de 9.0m/s para tuberías en PVC.
- **Altura lámina de agua (Y):** Es la altura real del agua en el tubo medida desde la batea interna.
- **Relación Y/D:** Es la relación de la altura de la lámina de agua con respecto al diámetro interno de la tubería.
- **Froude (F):** Determina si el flujo es crítico, subcrítico o supercrítico:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Esto se calcula para verificar que el régimen de flujo del agua que pasa por la tubería no es crítico y así evitar problemas en la operación.

- **Esfuerzo Cortante (τ):** Es el esfuerzo cortante en la pared de la tubería y determina la capacidad autolimpiante del tubo. Este valor debe ser mayor ó igual a 0.30Kg/m² para el caudal de diseño y mayor a 0.15 kg/m² para el 10% de la capacidad a tubo lleno. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$\tau = \gamma.R.S$$

Donde, γ es el peso específico del agua residual en N/m³, R: Radio Hidráulico, S: Pendiente.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

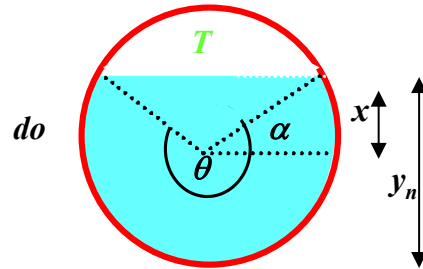
Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Existe una tabla auxiliar entre las columnas AK y AS, para el cálculo del radio hidráulico en función del ángulo θ .

$$\theta = \pi + 2 \arcsen \frac{y_n - d/2}{d/2}$$



$$R = \frac{1}{4} \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{\theta d} d^2 = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right) d$$

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



5. ALCANTARILLADO SANITARIO

En esta hoja se realizan los cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario teniendo en cuentas todas las condiciones de diseño establecidas por la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá según NS-085. Lo primero que hay que ingresar es la información del nombre del **proyecto** y del **diseñador** (**Figura 11**)

PROYECTO: _____

NOTA: POR FAVOR UTILICE UNICAMENTE LAS CASILLAS QUE SE ENCUENTRAN EN COLOR ROJO.

DISEÑO: _____

Figura 11. Ingreso de identificación del proyecto

Luego, se comienza el diseño llenando las casillas con los datos necesarios

Datos de población

En la casilla superior derecha, es necesario diligenciar los datos de población

Datos de población	
# hab / viv	
Dviv (viv/ha)	
Dpob (hab/ha)	
d per cápita	

Figura 12. Datos de población

- **Número de habitantes por vivienda:** La información puede ser tomada a partir de la tabla establecida por la norma NS-031 “Estudios de población y demanda de agua en sectores específicos de la ciudad” teniendo en cuenta el estrato.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



OCUPACIÓN POR VIVIENDA (NS-031)	
Estrato	Número de Habitantes por Vivienda
1	4.1
2	3.6
3	3.4
4	2.5
5	2.8
6	2.3

Figura 13. Ocupación por vivienda.

- **Número de viviendas por hectáreas:**

Se define el número de viviendas proyectadas de acuerdo con el requerimiento puntual del proyecto. Si no se cuenta con dicha información se puede consultar la densidad de viviendas por hectárea en fuentes como el SINUPOT o el DANE

- **Densidad Poblacional (hab/ha):** Resultado de multiplicar los dos parámetros anteriores.

- **Dotación Percápita (l/ha/día)**

La información puede ser tomada a partir de la tabla establecida por la norma NS-031 “Estudios de población y demanda de agua en sectores específicos de la ciudad” teniendo en cuenta el estrato.

DOTACIÓN BRUTA PROMEDIO (NS-031)	
Estrato	Dotación Bruta L/hab-día
1	110
2	115
3	115
4	150
5	155
6	215

Figura 14. Dotación Bruta.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Datos de Contribuciones (l/s ha)

En la casilla superior, es necesario diligenciar los datos asociados a los aportes por caudales comerciales, institucionales, de conexiones erradas e infiltración

Contribución l/s/ha	
Comercial y/o Institucional	
Industrial	
Vivienda	7.51
Conexiones erradas	
Infiltración	

Figura 15. Contribuciones

- **Contribución Comercial y/o Institucional:** Deben ser determinados para cada caso en particular. Si no se cuenta con información seguir lo establecido en el RAS (0.5 l/s ha)
- **Contribución Industrial:** Deben ser determinados para cada caso en particular. Si no se cuenta con información seguir lo establecido en el RAS
- **Contribución por vivienda:** Corresponde a los aportes residenciales, se obtiene de multiplicar $0.85 * D_{pob} * d_{percapita} / 86400$
- **Contribución por Conexiones erradas:** El aporte máximo de las conexiones erradas a un sistema de alcantarillado de aguas residuales existente o proyectado debe ser de hasta 0.2 l/s-ha.
- **Contribución por Infiltración:** Deberá ser determinado en función del mapa de sectorización de la ciudad de Bogotá en su anexo A de la norma NS-085 entre un valor Alto de 0.20 l/s-ha o Bajo: 0.10 l/s-ha

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Tramo

- En estas casillas se pone la identificación de cada uno de los tramos.
- En la columna **inicial** se pone un 1 para indicar que es un tramo inicial, en los otros tramos esta columna se deja vacía. En la columna B (**DE**) digite el número o letra de identificación de la cámara inicial y en la columna C (**A**) la información del final del tramo. Si son tramos continuos, la cámara inicial la toma por defecto cuando ingrese el dato de la cámara final siguiente.

Área tributaria

- **Área propia Comercial y/o Industrial:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada el área comercial y/o industrial.
- **Área propia Vivienda:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada el área de aporte doméstico.
- **Otras:** son áreas aportadas por otros tramos que llegan al tramo en cuestión. Está formulado para que tome el valor del área acumulada del tramo anterior.
- **Área Acumulada:** Es la suma del área propia + otras.
- **Población:** Se calcula a partir del área acumulada multiplicada por la densidad poblacional.

Diseño Hidráulico

- **Caudal Medio Diario**

Se estima a partir de la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = Q_d + Q_i + Q_c + Q_{in}$$

Donde,

Q_{md} = Caudal medio diario de aguas residuales (l/s).

Q_d = Caudal de aguas residuales domésticas (l/s).

Q_i = Caudal de aguas residuales industriales (l/s).

Q_c = Caudal de aguas residuales comerciales (l/s).

Q_{in} = Caudal de aguas residuales institucionales (l/s).

- **Factor de Maximización**

Se emplea para calcular el caudal máximo horario (Q_{MHf}) empleando como base el caudal medio diario (Q_{MD})

Factor de Maximización	
Q Medio Diario	l/s
0.07	3.00
1.10	3.00
1.10	3.00

Usar 2.1 si la Población es mayor a 500 mil hab
 Usar 2.6 si la Población esta entre 100 mil hab y 500 mil hab
 Usar 3.0 si la Población es menor de 100 mil hab

Figura 16. Factor de Maximización.

- **Caudal Máximo Horario final (Q_{MHf})**

Se calcula como el producto entre el Factor de maximización y el Caudal medio diario de aguas residuales

$$Q_{MHf} = F * Q_{md}$$

- **Caudal por Conexiones erradas (Q_{ce})**

Se calcula como el producto entre la contribución por conexiones erradas y el área total acumulada.

- **Caudal por Conexiones infiltraciones (Q_{inf})**

Se calcula como el producto entre la contribución por infiltración y el área total acumulada.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Caudal de diseño (q):** La estimación de caudales de diseño sanitario estará dado por lo establecido en la norma NS-085

$$Q_{dt} = Q_{MHf} + Q_{inf} + Q_{ce}$$

Donde,

Q_{dt} = Caudal de diseño para cada tramo de la red (l/s).

Q_{MHf} = Caudal máximo horario a saturación (l /s).

Q_{inf} = Caudal por infiltraciones (l/s).

Q_{ce} = Caudal por conexiones erradas (l/s).

Cuando el caudal de diseño calculado en uno de los tramos sea inferior a 1.5 L/s, debe adoptarse este valor como el caudal de diseño.

- **Longitud:** Ingrese la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo.
- **Pendiente:** Ingrese la pendiente del tramo en porcentaje (%).
- **Diámetro Nominal:** Ingrese el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según NS 085 del Acueducto de Bogotá, es de 200 mm S8 o S4. Se debe tener en cuenta que para ingresar diámetros de la línea NOVAFORT debe hacerse en milímetros (mm) especificando el tipo de tubería (serie 6, serie 8 o serie 4) y los de la línea NOVALOC debe hacerse en pulgadas (pulg), porque de lo contrario la hoja estará tomando valores erróneos. Únicamente se puede ingresar los valores de las tuberías fabricadas por PAVCO WAVIN, las características de las tuberías que se pueden utilizar para realizar los diseños se muestran a continuación en la Figura 16.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



DATOS DE TUBERIA NOVALOC, NOVAFORT										
Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez		Bd m	n	Long efec	Norma	Nombre	
			psi	Kg/m2						
110-S8	mm	99.00	0.110	57.00	40084.39	0.51	0.009	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.160	57.00	40084.39	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.200	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.250	57.00	40084.39	0.75	0.009	5.85	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.315	57.00	40084.39	0.82	0.009	5.80	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S8	mm	327.00	0.355	57.00	40084.39	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.400	57.00	40084.39	1.10	0.009	5.76	NTC-3722-1	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.450	57.00	40084.39	1.15	0.009	5.73	NTC-3722-1	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.500	57.00	40084.39	1.20	0.009	5.70	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S4	mm	147.00	0.160	28.00	19690.58	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-3	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.200	28.00	19690.58	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.250	28.00	19690.58	0.75	0.009	5.87	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.315	28.00	19690.58	0.82	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.355	28.00	19690.58	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.400	28.00	19690.58	1.10	0.009	5.77	NTC-3722-1	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.656	28.00	19690.58	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.730	28.00	19690.58	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.813	28.00	19690.58	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S4	pulgadas	824.00	0.898	28.00	19690.58	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S4	pulgadas	900.00	0.980	28.00	19690.58	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S4	pulgadas	977.60	1.065	28.00	19690.58	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S4	pulgadas	1054.00	1.149	28.00	19690.58	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S4	pulgadas	1127.00	1.242	28.00	19690.58	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S4	pulgadas	1203.00	1.325	28.00	19690.58	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
24-S6	pulgadas	534.70	0.656	46.00	32340.00	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S6	pulgadas	669.80	0.730	46.00	32340.00	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S6	pulgadas	746.50	0.813	46.00	32340.00	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S6	pulgadas	823.10	0.898	46.00	32340.00	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S6	pulgadas	898.40	0.980	46.00	32340.00	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S6	pulgadas	974.90	1.065	46.00	32340.00	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S6	pulgadas	1050.80	1.149	46.00	32340.00	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S6	pulgadas	1126.90	1.242	46.00	32340.00	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S6	pulgadas	1202.80	1.325	46.00	32340.00	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
51	pulgadas	1295.00	1.363	10.00	7032.35	2.36	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.09	1.423	10.00	7032.35	2.42	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
57	pulgadas	1452.00	1.516	10.00	7032.35	2.52	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.586	10.00	7032.35	2.59	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC

Figura 17. Tabla de las características de las tuberías disponibles

- **Diámetro Interior:** Es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.
- **n:** El valor del coeficiente de Manning de acuerdo con el diámetro nominal elegido. Para tuberías NOVAFORT es de 0.009 y NOVALOC de 0.010.
- Los valores de V, Q, q/Q, v, Y, y/d, F, τ se calculan de la misma forma que se mostró para el alcantarillado pluvial. En el caso de incumplirse alguno de estos valores la celda se pondrá de color amarillo y le indicará que debe modificar el diámetro o la pendiente. Los valores límites son:

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- La velocidad mínima a tubo lleno debe ser aquella que garantice que, para el caudal máximo horario, el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1.5 N/m² para tuberías de diámetro nominal menor que 450 mm y mayor o igual a 2.0 N/m² para tuberías de diámetro nominal mayor que 450 mm.
- Velocidad máxima de 9 m/s para el PVC
- La relación Y/D estará determinada por las siguientes condiciones

Y/D	Fuerza Trazante
<70%	<70% para D hasta 500 mm
<80%	<80% para D entre 500 mm y 1000mm
<85%	<85% para D mayor que 1000 mm
8.0	
30.2	
29.1	

Figura 18. Relaciones máximas Y/D ara sistema sanitario.

- El esfuerzo cortante debe ser mayor o igual a 0.15Kg/m² para tuberías de diámetro menor a 450 mm y mayor o igual a 0.20 kg / m² para tuberías de diámetro mayor o igual a 450 mm.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



7. PERFIL

Para el diseño inicialmente se debe seleccionar con qué tipo de cota se desea hacer los cálculos, con cota clave o cota batea (Ver Figura 19)

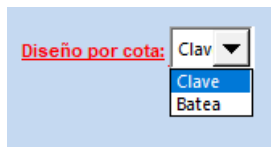


Figura 19. Selección del tipo de diseño

Dependiendo de la selección anterior, se debe ingresar la cota superior bien sea clave o batea y el programa calcula la otra.

- **Coordenadas Pozo inicial / Coordenadas Pozo final:** Se diligencian los datos correspondientes a las coordenadas X (Este) y Y (Norte) de los pozos inicial y final.
- **Cota clave o batea:** Es la cota clave o batea de la tubería cuando sale (superior) y llega (inferior) a la cámara o pozo. Se ingresa la cota batea o clave de los tramos iniciales y la hoja calcula los demás con base en los diámetros, longitudes y pendientes de la hoja de alcantarillado ya sea sanitario ó pluvial. Cuando hay dos tramos consecutivos, la cota batea de salida de uno es la cota batea de llegada del anterior menos una caída en la cámara o pozo. Dicha caída se calcula conservando la energía entre los dos tramos. La hoja de cálculo esta formulada para que tome la cota batea del tramo inmediatamente anterior y sea con este tramo con el que se haga la conservación de energía; para los casos en los que a un pozo lleguen más de un tramo, se debe MODIFICAR la fórmula para que se tome la cota batea del tramo más bajo y con mayor caída por conservación de energía.
- **Cota rasante:** Es la cota del terreno.
- **Tipo de rasante:** Debe introducir este dato, como un número entero entre 1 y 4, al seleccionar la casilla se despliega un cuadro con las opciones (Ver Figura 20).

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Tipo de régimen de Flujo:** De acuerdo al número de Froude se define si el régimen se considera crítico, subcrítico o supercrítico.

- **Alineamiento:** Es la pendiente del terreno en %, calculada como

$$\frac{cotaRasanteSup - CotaRasanteInf}{Distancia} * 100$$

- **Pérdidas de energía:**

Para la estimación de las pérdidas de energía en las cámaras o pozos de alcantarillado se establecen tres metodologías, dos de las cuales se establecen en la norma NS-029 “Criterios de diseño de pozos y cámaras de inspección para sistemas de alcantarillado” el método estándar y el método HEC-22. Adicionalmente se mantiene la metodología establecida por Rafael Pérez Carmona.

Es importante aclarar que de acuerdo con lo exigido por la EAAB-ESP, el análisis para la estimación de las pérdidas de energía debe validarse en modelos hidráulicos con el fin de analizar de manera integral el comportamiento real del sistema de alcantarillado, por lo que queda a criterio del diseñador emplear la metodología de estimación de pérdidas localizadas que estime más conveniente para su proyecto.

1. Método Rafael Pérez Carmona

Las pérdidas en el colector principal por efectos de la unión con otros o por cambios de dirección. Para esto se calcula una cota clave sugerida. La metodología se describe a continuación (Tomado del libro “Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje de carreteras / Pérez Rafael, 2013):

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- Régimen subcrítico

a. Pérdida de energía por cambio de dirección del colector principal (Hc): Según la relación rc/ϕ , donde rc es el radio de curvatura y ϕ el diámetro.

b. Perdida de energía por intersección (He)

$$He = 0.2 (V_2^2/2g - V_1^2/2g)$$

c. Caída en la batea de la estructura (Hp): Es la diferencia de las cotas de energía del colector de salida y el colector principal que llega.

$$Hp = Hc + He + (E_2 - E_1)$$

Donde $E_2 - E_1$ = Diferencia entre las energías específicas del colector de salida y del colector principal que llega a la estructura del pozo.

- Régimen supercrítico

Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de esta, y dependiendo de la situación el comportamiento hidráulico y por ende el cálculo es diferente. Cuando la entrada no se sumerge se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left(\frac{Hc}{\phi} + \frac{He}{\phi} \right)$$

Válida para valores de

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Donde,

H_c= Energía específica para las condiciones de flujo crítico.

$$H_c = Y_c + \frac{Vc^2}{2g}$$

H_e= Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual a:

$$\frac{H_e}{\phi} = 0.589 \left(\frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^{2.67}$$

K= Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería.

$$K = 1.2 \text{ para } \frac{\text{DiámetroPozo}}{\text{DiámetroTubería}} > 2.0 \quad \text{y}$$

$$K = 1.5 \text{ para } \frac{\text{DiámetroPozo}}{\text{DiámetroTubería}} < 1.3$$

Cuando la entrada se sumerge la ecuación ajustada al fenómeno es:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left[0.70 + 1.91 \left(\frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^2 \right] \text{ Cuando } \frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} > 0.62$$

En caso de resultar H_e negativo, no se tendrá en cuenta para el cálculo de la caída de la batea de la estructura porque equivaldría a una elevación de la misma del colector de salida con respecto al colector de entrada. Las cotas de energía de los colectores afluentes serán iguales o mayores a la cota de energía del colector de salida del pozo, una vez restadas las pérdidas.

2. Método estándar

Permite evaluar las pérdidas de energía en estructuras de forma rápida

- **Coefficiente de pérdida de energía K**

Se define el valor a emplearse en función de las siguientes configuraciones

Coeficientes de pérdidas de energía para el método estándar. Tomado de la NS-029 V5.0 EAAB-ESP					
Tipo de pozo	Esquema	K	Tipo de pozo	Esquema	K
Sólo colector principal sin deflexión en el pozo		0.5	Dos colectores entrantes, aproximadamente equivalentes, con ángulo menor a 90° entre ellos		0.8
Sólo colector principal con deflexión de 45° en el pozo		0.6	Dos colectores entrantes, aproximadamente equivalentes, con ángulo mayor o igual a 90° entre ellos		0.9
Sólo colector principal con deflexión de 90° en el pozo		0.8	Tres o más líneas de entrada		1.0
Colector principal con una entrada lateral		Pequeña 0.6 Grande 0.7			

Figura 21. Coeficiente de pérdida de energía K

- **Pérdida de energía en la estructura:** Resultado de multiplicar el coeficiente de pérdidas de energía por la energía cinética

$$h_L = K \frac{v^2}{2g}$$

Donde v es la velocidad del flujo en el conducto de salida de la estructura.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



3. Método HEC-22

Este procedimiento fue diseñado por la Federal Highway Administration (FHWA) teniendo en cuenta la tercera edición de la circular.

El detalle de la metodología se presenta en el capítulo 4.6.2.2 Método HEC-22 de la norma NS-029 “Criterios de diseño de pozos y cámaras de inspección para sistemas de alcantarillado” v. 5.0 y en la hoja de cálculo de PAVCO WAVIN se presenta el cálculo paso a paso desde la columna AQ.

Paso 1: Se toma el valor máximo entre E_{aio}/ E_{aís}/ E_{aíu} para definir la Energía específica inicial en la estructura (E_{aí})

- **EGL_i** : Cabeza de energía total en el tubo de salida
- **Z_i** : Cota batea de la tubería de salida
- **E_i**: Energía específica en el punto de salida de la tubería (tubo aguas abajo)
- **H_i**: Pérdidas a la entrada
- **E_{aio}**: Energía específica inicial en la estructura para control a la salida (tubo lleno o parcialmente lleno).

$$E_{aio} = E_i + H_i$$

- **A**: Área interna de la tubería de salida
- **DI**: Relación de descarga, se encuentra dado por la siguiente ecuación

$$DI = \frac{Q}{A\sqrt{gD}}$$

Donde

Q=Caudal de diseño en la tubería de salida

D= Diámetro interno de la tubería de salida (m)

g= Aceleración de la gravedad.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Eais:** Energía específica en la estructura para control a la entrada (sumergido)

$$E_{ais} = D(DI)^2$$

- **Eaiu:** Energía específica para control a la entrada no sumergido.

$$E_{aiu} = 1.6 \cdot D \cdot (DI)^{0.67}$$

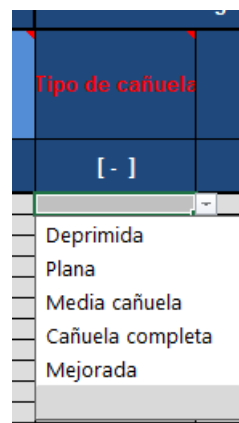
- **Eai:** Energía específica inicial en la estructura

$$E_{ai} = \max (E_{aio}, E_{ais}, E_{aiu})$$

PASO 2: Ajustes por cañuela, ángulo de flujo entrante y flujo entrante en caída. De esta manera se determina la energía específica ajustada en la estructura E_a

➤ **Paso 2a: Pérdida de energía adicional por configuración de la cañuela H_b**

- **Tipo de cañuela:** Se debe escoger el tipo de cañuela a implementarse dentro de pozo



Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Tabla 4. Valores del Coeficiente de pérdida por cañuela. Tomado NS-029 v 5.0		
Configuración de la cañuela	Cañuela sumergida*	Cañuela no sumergida*
Deprimida	-0.05	-0.05
Plana	0.0	0.0
Media cañuela	-0.05	-0.85
Cañuela completa	-0.25	-0.93
Mejorada	-0.60	-0.98

* La condición sumergida se presenta para relaciones de $(E_{ai} / D) > 2.5$ y la condición no sumergida para $(E_{ai}/D) < 1.0$. Los valores de C_b para condiciones intermedias se deben determinar mediante interpolación lineal

Ilustración 29. Configuraciones de la cañuela (Fuente: Adaptado del HEC-22)

Figura 22. Tipo de cañuela método HEC-22

- **E_{ai}/D** : Relación entre la Energía Específica inicial (E_{ai}) y el diámetro interno de la tubería que llega (D)
- **C_b** : Coeficiente de pérdida por configuración en la cañuela
- **H_b** : Pérdida de energía adicional por configuración de la cañuela.

$$H_B = C_B(E_{ai} - E_i)$$

- **Paso 2b: Pérdida de energía adicional por cambio de dirección H_Θ**
- **Θ_1** : Ángulo de deflexión de un tubo 1 entrante medido con respecto al tubo de salida ($^\circ$). Para este caso en particular se está calculando a partir de las coordenadas Norte y Este digitadas al inicio.
- **Q_1** : Caudal de un tubo entrante 1. Toma el valor por defecto del tramo inmediatamente anterior.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **θ_2 y Q_2** : Hace referencia a información del ángulo y de caudal en caso de que al pozo le este llegando un segundo tramo de tubería. En caso de que al mismo pozo confluyan más de dos tramos, la información deberá ser ajustada según corresponda en la hoja de cálculo.
- **θ_w** : Ángulo de deflexión ponderado

$$\theta_w = \frac{\sum Q_j \theta_j}{\sum Q_j}$$

Donde:

Q_j = Caudal de un tubo entrante

θ_j =Ángulo de deflexión de un tubo entrante medido con respecto al tubo de salida ($^\circ$). Un ángulo de 180° indica un flujo recto

- **C_θ** : Coeficiente de pérdida por ángulo de deflexión

$$C_\theta = 4.5 \left(\frac{\sum Q_j}{Q_o} \right) \cos \left(\frac{\theta_w}{2} \right)$$

Donde

Q_o = Caudal total en el tubo de salida

- **H_θ** : Pérdida de energía adicional por ángulo de deflexión

$$H_\theta = C_\theta (E_{ai} - E_i)$$

- **Paso 2c**: Pérdida de energía adicional flujo en caída H_p
- **Z_k** : Diferencia entre la cota batea de la tubería de entrada y el fondo de la estructura.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Si $Z_k > 10D$, donde D es el diámetro de la tubería, debe ajustarse a $10 D$

- **Q_k**: Caudal del tubo entrante
- **h_k**: Altura relativa de caída para el tubo "k"

$$h_k = \frac{(Z_k - E_{ai})}{D}$$

Donde:

D = Diámetro interno de la tubería de salida

- **C_p**: Coeficiente de pérdida por flujo en caída

$$C_p = \frac{\sum(Q_k h_k)}{Q_o}$$

Donde:

Q_o = Caudal total en el tubo de salida.

- **H_p**: Pérdida de energía adicional por flujo en caída

$$H_p = C_p(E_{ai} - E_i)$$

- **E_a**: Energía específica ajustada en la estructura

$$E_a = E_{ai} + H_B + H_\theta + H_p$$

- **EGL_a**: Cota de la línea de energía ajustada en la estructura

$$EGL_a = (E_a + Z_a)$$

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



PASO 3: Pérdidas a la salida de los tubos entrantes

➤ **Paso 3 a: Tuberías con flujo sin caída**

Las tuberías de entrada que operan bajo esta condición se identifican cuando la línea energía ajustada en la estructura (EGLa) está por encima de la batea de la tubería de entrada (Zo).

- **Ho:** Pérdidas a la salida de la tubería entrante

$$Ho = Ko \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$$Ko = 0.4$$

v= velocidad de flujo en la tubería entrante.

- **EGLo:** Cota de la línea de energía en la tubería de entrada

$$EGLo = EGLa + Ho$$

➤ **Paso 3 b: Tuberías con flujo en caída**

- **EGLo:** Cota de la línea de energía en la tubería de entrada. Se asume que la línea de energía en la salida del tubo se calcula con la energía específica del flujo que llega en tubería de entrada al pozo

- **Eo:** Energía Específica aguas arriba de la cámara.

Finalmente, la pérdida de energía en la estructura **h_l** será la diferencia de energías entre la Energía específica aguas arriba de la cámara E_o y Energía Específica aguas abajo de la cámara E_i.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



8. CIMENTACIÓN

El objetivo de esta hoja de cálculo es diseñar el tipo de compactación y material a utilizar para una adecuada cimentación de la tubería que garantice la estabilidad del sistema, es decir, que se cumpla satisfactoriamente con los requerimientos asociados a la evaluación de las condiciones límite de la red, en este caso, el cálculo de deflexión, pandeo y rotura de pared. Se toma como marco de referencia la norma de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá NS-035 “Requerimientos para diseño de cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado” v 5.0. Para la verificación de los cálculos es necesario ingresar los campos resaltados en rojo. A continuación, el detalle del procedimiento a emplearse.

- **Tramo y Diámetro:** Estos datos la hoja los trae automáticamente de la pestaña perfil, es necesario verificar que se encuentren estos campos diligenciados para su correcta evaluación.
- **Ancho de la zanja (Bd):** El ancho medio de la zanja es el diámetro exterior de la tubería más 0.40 para tuberías hasta de 250 mm. Para tuberías entre 250 mm y 350 mm es el diámetro exterior de la tubería más 0.50 m. Entre 350 mm y 700 mm es el diámetro exterior de la tubería más 0.70 m. Entre 700 mm y 1200 mm es el diámetro exterior de la tubería más 0.85. Si es mayor a 1200 mm es el diámetro exterior de la tubería más 1.0 m. Puede ser modificado si se requiere.
- **Ancho de la tubería (Bc):** Es el diámetro externo de la tubería.
- **Altura del relleno (H):** Se calcula como el promedio del recubrimiento del punto inicial (salida) y final (llegada) del tramo.
- **Presión del suelo (P):** Se calcula como el peso unitario del suelo multiplicado por la altura del relleno. Equivale a la carga muerta vertical WE

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Carga Muerta Vertical crítica:** Toma el máximo valor entre la altura inicial, media y final.
- **Tipo de relleno:** Ingrese el número correspondiente al tipo de relleno, para obtener el peso unitario que aplica en el cálculo de las cargas muertas. (ver Figura 23).

Tipo de Relleno a utilizar (1)	
Recebo	1
Materiales provenientes de la excavación	2
Piedra partida	3
Arena de peña	4
Grava	5
Gravilla	6
Subbase granular	7
Base granular	8
Suelos estabilizados	9
Concreto	10
Residuos de construcción y demolición -RCD	11

Figura 23. Tipo de relleno

- **Peso Unitario:** Se obtiene de acuerdo con el tipo de relleno escogido en unidades de kg /m³
- **Presión de carga de Agua (W_w):** Efecto de la carga del agua considerando la siguiente expresión:

$$W_w = Ff\gamma_w Bc^2$$

Donde:

Ff= Factor de ajuste. 0.8 para flujo libre, 1 para flujo no libre.

γ_w = Peso específico del agua

Bc= Diámetro de la tubería

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Tipo de carga:** Le da la opción de escoger entre 6 tipos de carga viva (1 Camión Tipo HS20, 1 Camión Tipo HS25¹, Autopista, Vía Férrea², Aeropuerto³ y Peatonal) asignados a un número y se desplegará un cuadro con estos tipos en la casilla resaltada.
- **Presión de carga viva tráfico WL:** Las cargas vivas por tráfico de camiones se calculan teniendo en cuenta la siguiente ecuación

$$W_L = \frac{M_p P I_F}{(L_1)(L_2)}$$

Donde:

W_L = Carga viva sobre la tubería, psi

M_p = Factor de presencia múltiple = 1.2

P = Magnitud de la carga de la rueda

- 16000 lb para un camión tipo AASHTO HS20
- 20000 lb para un camión tipo AASHTO HS25

I_F = Factor de Impacto

L_1 = Ancho de carga paralelo a la dirección del tráfico, in

L_2 = Ancho de carga perpendicular a la dirección del tráfico, in

Para la estimación de cargas vivas por efecto de Autopista, Ferrocarril y Aeropuerto; dicha información se toma a partir de correlaciones de las tablas 6.4,6.5 y 6.6 del manual UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION.

¹ AWWA M23 Manual of Water Supply Practices, PVC Pipe. Design and Installation, Third Edition. Eq 4-7, pg 31, 220.

² UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION, Handbook of PVC pipe, Design and construction, live loads on PVC pipe, Tablas 6.4 a 6.6, 1993.

³ UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION, Handbook of PVC pipe, Design and construction, live loads on PVC pipe, Tablas 6.4 a 6.6, 1993.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Carga viva total:** Corresponde a la suma de la carga viva por efecto del agua más la carga por tráfico.
- **Carga viva total crítica:** Es el valor máximo de la carga viva total entre los extremos del tubo y el valor promedio
- **Carga por sobrecarga WS:** Si se requiere tener en cuenta efecto de cimientos de edificaciones o estructuras u otro tipo de cargas estáticas a largo plazo sobre la tubería estimar la carga correspondiente acorde a lo establecido por la norma AWWA M23 (Tercera Edición) pg 30.
- **Carga total sobre la tubería:** Corresponde a la suma de los aportes de carga muerta WE, carga viva de agua Ww, Carga viva de tráfico WL y carga por sobrecarga WS
- **Carca total crítica sobre la tubería:** Es el valor máximo de la carga total entre los extremos del tubo y el valor promedio.
- **Factor de retardo (TL):** Se relaciona con la deflexión inmediata con la deflexión a largo plazo

Factor de Retardo T_L	- Si la tubería va estar presurizada por los proximos tres meses usar $T_L = 1$
	- Si la tubería no va estar presurizada usar $T_L = 1.5$ - Si la tubería no estará presurizada durante varios años usar $T_L = 2.0$ para estimar la deflexión hasta que esté presurizada

Figura 24. Factor de retardo.

- **Coefficiente de soporte (K):** Refleja el grado de soporte proporcionado por el suelo en el fondo de la tubería. Usar un valor de 0.1.
- **Rigidez de la tubería:** Para tuberías NOVAFORT se manejan rigideces de 57 PSI, 40 PSI y 28 PSI, mientras que para la línea NOVALOC son de 10 PSI.
- **Módulo de la reacción del suelo nativo (E'n) psi:** Es la capacidad del suelo de resistir deflexión y depende del tipo de suelo. Al hacer clic en (E'n)

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



el hipervínculo automáticamente lo desplaza a la página de fórmulas dando una pequeña información de algunos tipos de suelos nativos (esta tabla fue tomada de la norma AWWA M23 Tabla 4-6). Acorde a lo establecido en la norma de la EAAB-ESP NS-035 “Requerimientos para diseño de cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado” V 5.0, este valor debe ser determinado en ensayos de laboratorio y/o campo, siempre con la debida justificación. (Ver Figura 25)

Tabla 4-6 de la norma AWWA M23 (Tercera Edición) E'n (Módulo de reacción del suelo nativo) basado en el ensayo de penetración estándar (SPT) .
Valores dados en PSI

Descripción del tipo de suelo y clasificación- USCS	Valor N del ensayo SPT (numero de golpes / ft)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-50	>50
Arcillas y limos con menos del 30% Arena/grava CL ML		500	750	1250	1500	2500
Limos arenosos, arcillas con más del 30% de arena CL ML Arena limosa o arcillosa SM SC		700	1000	1500	2000	3000
Arenas normalmente consolidadas SP, SP-SM, SP-SC		1000	1500	2000	3000	5000
Arenas sobreconsolidadas SP, SP-SM, SP-SC		2000	3000	4000	5000	8000
Grava, suelos con grava.	Generalmente es más alto que las arenas, pero la prueba SPT es muy poco confiable; use otro método					

Figura 25. Módulo de reacción de suelo nativo.

- **Módulo de reacción del suelo relleno E'b (psi) sin FS:** Representa la capacidad del suelo o material de soporte para reaccionar ante la deformación de la tubería. Depende del tipo de **Material** y tipo de **Compactación** que se escoja para su diseño. Los valores empleados se definen en la tabla 4-4 de la norma AWWA M23.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Tabla 4-4 de la norma AWWA M23 (Tercera Edición) MODULO DE REACCION DEL SUELO E' PSI				
Tipo de suelo (USCS)		Grado de compactación		
		Sin compactar	Moderada 85-95% compactación	Alta >= 95%
			1	2
Clase I Roca Partida	1	1,000	6,000	6,000
Clase II GW, GP, SW, SP	2	500	2,000	4,000
Clase III GM,GC,SM,SC,ML,CL	3	200	1,000	2,500
Clase IV ML-CL	4	100	400	1,500
Clase V CH,MH,OH,OL,Pt		NO USAR		

Figura 26. Módulo de reacción del suelo de relleno E'b

- **Módulo de reacción del suelo relleno E'b (psi) con FS:** Se emplea un factor de seguridad de 3.0 para estimar dicho valor acorde a lo establecido en la NS-035 v.5.0 para tuberías flexibles (Ver literal a del numeral 4.2.6.1)

USAR FS

Se escoge SI o NO teniendo en cuenta lo establecido en la norma NS-035 V 5.0 " En tuberías flexibles, se debe prever un factor de seguridad de 3.0 para estimar el valor del módulo de reacción de las Tablas de referencia en los Manuales

AV = deflexion vertical o cam

Figura 27. Factor de seguridad para cálculo del E'b

- **E'n/E'b:** Es la división entre el módulo de reacción del suelo nativo y del relleno por la interacción que tienen estos suelos. Se emplea para el cálculo posterior del factor combinado de soporte.
- **Bd/D:** Es la división entre el ancho de la zanja y el diámetro nominal del tubo para el cálculo posterior del módulo compuesto de reacción de suelo E'.
- **Factor combinado de soporte Sc:** Es el Factor combinado de soporte del suelo que depende de la relación entre Módulo de elasticidad del terreno natural y el módulo de elasticidad de los materiales de cimentación con respecto a la relación del ancho de la zanja y el diámetro nominal de la

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



tubería. Se toma a partir de la información dada en la tabla 4-5 del manual AWWA M23.

Tabla 4-5 de la norma AWWA M23 Factor de combinacion soporte suelo (Valores interpolados)						
E'n / E'b	Sc					
	Bd / D					
	1.5	2.0	2.5	3	4.0	5
0.10	0.15	0.30	0.60	0.80	0.90	1.00
0.11	0.17	0.32	0.61	0.81	0.90	1.00
0.12	0.18	0.33	0.62	0.81	0.90	1.00
0.13	0.20	0.35	0.63	0.82	0.91	1.00
0.14	0.21	0.36	0.64	0.82	0.91	1.00
0.15	0.23	0.38	0.65	0.83	0.91	1.00
0.16	0.24	0.39	0.66	0.83	0.91	1.00
0.17	0.26	0.41	0.67	0.84	0.91	1.00
0.18	0.27	0.42	0.68	0.84	0.92	1.00
0.19	0.29	0.44	0.69	0.85	0.92	1.00
0.20	0.30	0.45	0.70	0.85	0.92	1.00
0.21	0.31	0.46	0.71	0.85	0.92	1.00

Figura 28. Factor combinado de soporte Sc.

- **Módulo compuesto de reacción del suelo (E')**: Se calcula a partir de la relación:

$$E' = Sc * E'b$$

- **Deflexión**: Este dato se calcula a partir de la rigidez de la tubería, las características del suelo (E' = módulo de reacción del suelo), cargas actuantes. Verifique que este por debajo del 7.5%. En caso contrario debe cambiar de tipo de cimentación, el tipo de relleno a utilizar o ambos hasta obtener la deflexión adecuada. Cuando el suelo natural es muy malo y la deflexión no cumple, puede también aumentar el ancho de zanja (Bd). Se calcula con la siguiente formula.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



$$\% \frac{\Delta Y}{D} = \frac{k(T_L W_E + W_L + W_S)}{0149PS + 0.061E'} (100)$$

Donde:

$\% \frac{\Delta Y}{D}$ = deflexion vertical, %

ΔY = deflexion vertical o cambio de diámetro, in.

D = diametro, in.

k = constante de soporte, use 0.1

T_L = factor de retardo, use 1.0, 1.5, o 2.0

W_E = presion de carga de tierra, Pa

W_L = presion de carga viva, Pa

W_S = presion de sobrecarga, Pa

PS = rigidez de la tuebria, kg/m./m.

E' = modulo de reaccion del suelo, Pa

- **Material:** Se escoge el tipo de material de cimentación a emplearse para la tubería.

Material de cimentación (3)	
Roca Partida	1
GW, GP, SW, SP	2
GM, GC, SM, SC, ML, CL	3
ML-CL	4

Figura 29. Material de cimentación.

- **Compactación:** Se escoge el grado de compactación a emplearse para la instalación de la tubería.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Grado de Compactación (4)	
Sin compactar	1
Moderada 85-95%	2
Alta >= 95%	3

Figura 30. Grado de compactación

- **Presión admisible de pandeo q_a (kg/m²):** Es calculada a partir de la formula

donde:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS} \right) \left(32 R_w B' E' \frac{EI}{D^3} \right)^{1/2}$$

- q_a = Presión admisible de pandeo (Pa)
- FS = Factor de seguridad
- R_w = Factor de flotación del agua
- B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
- E' = Módulo de reacción de la subrasante (Pa)
- D = Diámetro nominal de la tubería (m)

- **Pandeo' (kg/m2)**

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c}$$

donde

- h_w = altura de la superficie del agua por encima de la tubería (m)
- γ_w = peso específico del agua (kN/m³)
- P_v = presión interna de vacío (kPa)
- W_d = carga muerta sobre la tubería (kN/m)
- W_L = carga viva actuante sobre la tubería por unidad de longitud (kN/m)
- BC = diámetro externo de la tubería (m)

- **Revisión Pandeo**

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c} \leq q_a$$

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Si se presenta lámina de agua (**Altura de agua**) sobre la tubería hay que indicarlo en la columna AG para esta revisión.

- σ_c (Esfuerzo de compresión)

$$\sigma_c = \frac{W_T B_c}{2 A}$$

donde:

WT: Carga total sobre la tubería [kN/m].
Bc: Diámetro exterior de la tubería [m].
A: Área de la sección transversal [m²].

- **Estado de Rotura:** El PVC alcanza un esfuerzo máximo de compresión dc max = 67500 kN/m².

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



9. CANTIDAD DE OBRA-DATOS

En esta hoja se recopila toda la información para el cálculo de cantidades de obra y de tubería. Se realiza el cálculo de la longitud real de la tubería en perfil y sabiendo que en la realidad no va de centro a centro de pozo, sino de pared a pared de pozo. Adicionalmente se calcula el volumen de excavación y el entibado para los casos en los que la altura del relleno final sobrepasa los 3.0 m. El único dato que es necesario ingresarle es dos veces el espesor de la pared del pozo que es un dato que nos ayuda a conocer la longitud real del tramo. Todos los datos de esta hoja pueden y deben ser modificados para acomodarse a los requerimientos de su diseño particular. (Ver Figura 31).

CANTIDADES DE OBRA - DATOS									
Clave		Recubrimiento		Diam Ext Cámara		Long real tubería	Volumen tubería	Altura relleno final	
Op	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	m	m ³	m	
				Di+2e	Di+2e				

Figura 31. Especificación del espesor del tubo

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



10. CANTIDAD DE OBRA-TRAMOS

En esta hoja se obtiene la cantidad de obra en términos de cimentación, volúmenes de relleno inicial y final. Los únicos datos que deben ser ingresados por el usuario en esta hoja son los de la **estructura de la vía** que se encuentran entre las celdas Z5 y Z7 (Ver Figura 32)

ESTR. VÍA	ALTURA (m)
Pavimento	
Base	
Subbase	

Figura 32. Características de la vía

- **Cámaras:** Muestra el número de cámaras o pozos que se deben tener en cada nodo dependiendo del diámetro de la tubería entrante o saliente. De esta manera se pueden tener pozos con diámetro interior de 1.2 m, 1.5 m, y 2.0 m. Las áreas de concreto están calculadas para el fondo de la cámara únicamente y también se calcula la altura de la cámara con un espesor de 20 cm.
- **Cimentación:** El volumen es calculado como 0.15m de encamado y hasta la mitad del diámetro exterior con el tipo de material que fue seleccionado en el diseño de la cimentación
- **Relleno Inicial:** Está calculado como la mitad del diámetro externo y hasta 15cm sobre el lomo del tubo. Para profundidades menores a 90 cm, cuando la rasante es una vía, el pavimento hace parte de este relleno, por lo tanto, el espesor sobre la clave será menor.

Relleno Final: De acuerdo con el tipo de rasante del tramo es calculado el volumen de cada material, teniendo en cuenta que el que va desde 15 cm por encima del lomo o clave de la tubería hasta la rasante. Cuando se tiene vía se pueden considerar algunas alturas tipo, esto es: 0.50m de subbase, 0.20m de

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



base y 0.10 m de pavimento y el resto con material de relleno. Estos datos pueden ser modificados de acuerdo con requerimientos particulares

- Todos los datos de esta hoja pueden y deben ser modificados para acomodarse a los requerimientos de su diseño particular.

En la parte final de la hoja hay una columna (AA) denominada Chequeo que debe aparecer sin números (ni positivos ni negativos), en el caso de aparecer los números como se muestran en la Figura 33 se debe chequear que los datos de entrada de las hojas anteriores estén completos y consistentes porque lo que está mostrando es que no hay equilibrio entre el volumen del material que se excava y el que se rellena. Cuando se presentan este tipo de errores puede ser faltan datos en la hoja de perfil

Pavimento	Chequeo
11.03	
7.55	
6.39	
9.33	
	-627.42
	-435.69
	-489.39

Figura 33. Chequeo de las cantidades de obra

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



11. CANTIDAD DE OBRA-TOTAL Y CANTIDAD DE TUBERÍA TOTAL

En estas hojas se totalizan las cantidades de obra y de tubería del proyecto ingresado en el libro. En cantidad de tubería total debe oprimir el botón Actualizar Tabla para que la información sea recalculada después de introducir datos nuevos, además puede discriminar el tipo de tubería, NOVALOC o NOVAFORT.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



12.EXPORT

El objetivo de esta hoja es convertir automáticamente la información hidráulica, geométrica y de características de las redes de alcantarillado (la cual se presenta en las pestañas pluvial, sanitario y perfil) en un archivo. INP compatible con el software de modelación hidráulica EPA-SWMM versión 5.2, garantizando de esta manera trazabilidad de la información, reducción de errores de digitación y ahorros en tiempos en la creación de la topología del sistema.

EPA-SWMM (Storm Water Management Model) es un software gratuito desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) que permite modelar el comportamiento hidráulico e hidrológico de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado. Permite modelar y revisar niveles de lámina de agua, velocidades, capacidad hidráulica, identificación de presurización, reboses o remansos.

A continuación, el detalle del procedimiento a emplearse:

1. Es necesario revisar y validar que la información que se trae de manera automática de las demás pestañas sea coherente y consistente con el diseño planteado. Estos valores de las características de los nodos(pozos) serán el input de entrada para la generación del archivo. Inp.
 - **ID (-):** Toma el consecutivo asignado para el nombre del pozo
 - **Coordenada X y Y:** Se trae la información de coordenadas Este y Norte digitadas previamente en la pestaña perfil.
 - **Cota Rasante(msnm):** Se trae la información de la cota rasante digitada previamente en la pestaña perfil.
 - **Cota Batea (msnm):** Se trae la información de la cota batea digitada previamente en la pestaña perfil.
 - **Profundidad(m):** Hace referencia a la diferencia que hay entre la cota rasante del pozo y la cota batea o fondo del pozo.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Caudal (l/s):** Se refiere al caudal puntual que se le ingresa a cada nodo o pozo. Es importante aclarar que la hoja de cálculo de PAVCO WAVIN esta pensada para el dimensionamiento de alcantarillado bajo flujo uniforme, por lo que la evaluación hidráulica tramo a tramo va acumulando caudales. De esta manera la información ingresada en este campo debe corresponder a la diferencia que hay entre los aportes que salen del nodo y los que llegan.

PAVCO WAVIN acueducto AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ GEI						
NODOS (POZOS)						
ID	Coordenada X	Coordenada Y	Cota Rasante	Cota Batea	Profundidad	Caudal
(-)	Este	Norte	msnm	msnm	m	l/s

Figura 34. Información de entrada en nodos (pozos) para generación archivo. inp

2. Es necesario revisar y validar que la información importada automáticamente desde las demás pestañas sea coherente y consistente con el diseño planteado. Estos valores, correspondientes a las características de la red, constituyen los datos de entrada para la generación del archivo. Inp. Para lo anterior, es importante verificar que, en caso de haberse creado filas adicionales en algunas de las pestañas (pluvial, sanitario, perfil o export), la formulación se mantenga de manera consecutiva, con el fin de evitar saltos o pérdidas de información durante el proceso de exportación.
 - **ID (-):** Hace referencia al nombre asignado al tramo, por defecto, de acuerdo con la formulación de la hoja, se tomará el dato del nombre del ID del pozo inicial _ID del pozo final.
 - **Nodo Inicial y Nodo Final:** Tomo el dato del ID del pozo inicial y pozo final respectivamente proveniente de la pestaña perfil.

- **Diámetro (m):** Se trae la información proveniente del diámetro de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña perfil.
- **Inlet Offset(m):** Corresponde al desnivel o distancia que hay entre la batea o fondo del pozo inicial y la batea de salida del tubo inicial. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero. Si el usuario requiere hacer el ajuste puede modificar este campo.

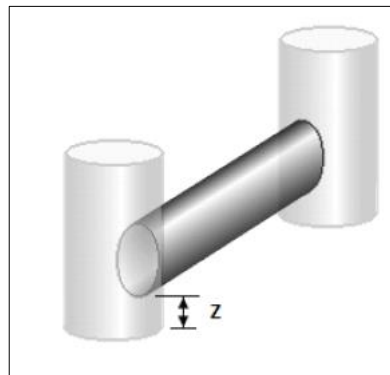


Figura 35. Inlet Offset = Depth

- **Outlet Offset(m):** Corresponde al desnivel o distancia que hay entre la batea o fondo del pozo final y la batea de entrada del tubo que llega.
- **Coefficiente pérdidas a la entrada / salida (-):** Hace referencia a los coeficientes de pérdidas exclusivamente a conducto de entrada / salida. Si bien, en EPA-SWMM las pérdidas locales se asignan a los conductos, estas representan las pérdidas hidráulicas que se generan en los pozos o nodos de la red. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero, el usuario de acuerdo con las necesidades puede modificar dicho valor.
- **Coefficiente de pérdidas medio(-):** Hace referencia a pérdidas adicionales a lo largo del tramo. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero, el usuario de acuerdo con las necesidades puede modificar dicho valor

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



- **Longitud(m):** Se trae la información proveniente de la longitud del tramo de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña pluvial o sanitario (según aplique).
- **n de Manning (-):** Se trae la información proveniente de la rugosidad del material de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña pluvial o sanitario (según aplique)

3. Una vez revisada y consolidada la información de los pasos anteriores, se tienen ya los datos de entrada para la correspondiente construcción del archivo. inp que permitirá exportar a EPA-SWMM, es decir, ya se tendrá la información topológica de las redes (asignación de geometrías y cotas), características de las redes (material, diámetro, tipo de sección) y aportes de caudal datos en l/s. Sin embargo, es importante aclarar que como parte de la rutina interna que genera la presente hoja de cálculo se consideran las siguientes condiciones en cuanto a parámetros hidráulicos de modelación

- Rutina de modelación= Onda dinámica
- Ecuación de fricción= D-W Darcy Weisbach
- Link Offsets= Depth (profundidades desde el fondo del pozo)
- Pérdidas locales = Las definidas en el numeral anterior.
- Tipo de descarga = Libre
- Permitir encharcamiento = NO
- SKIP_STEADY_STATE=NO
- START_DATE/TIME= Toma por defecto la fecha y hora en la que se genera el. inp
- END_DATE/TIME= 24 horas después.
- REPORT_STEP= Cada 15 minutos
- ROUTING_STEP= Cada 30 segundos

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



4. Se procede a ejecutar el botón “Exportar. INP”, como el que se muestra en la siguiente imagen

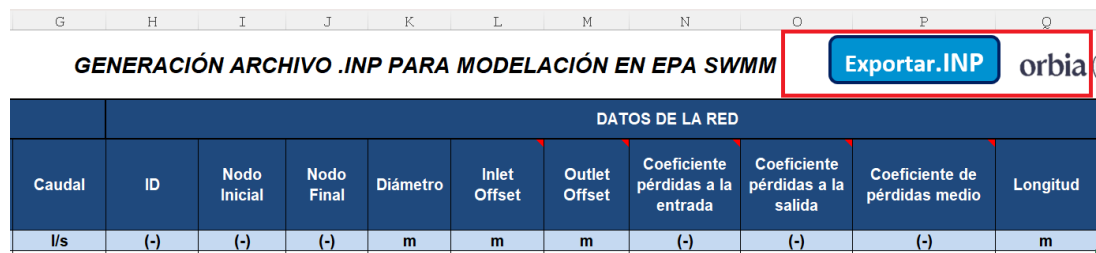


Figura 36. Botón “Exportar.INP”

Automáticamente saldrá la siguiente advertencia

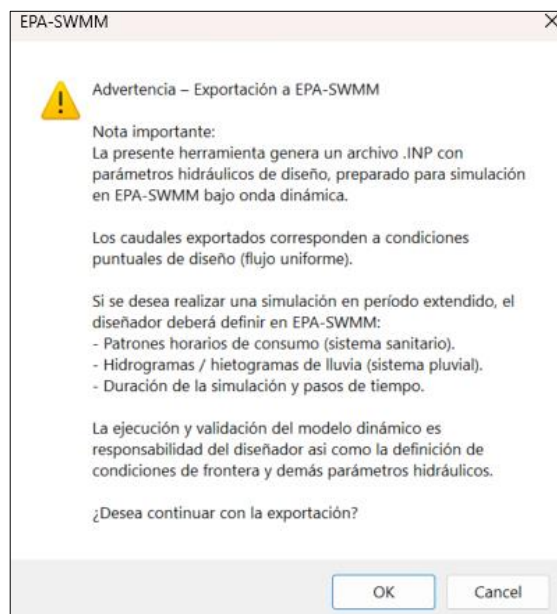


Figura 37. Advertencia-Exportación a EPA-SWMM

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext.1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co



Al darse ok, y aceptar las limitaciones y consideraciones de la herramienta se despliegan una serie de ventanas para seleccionar la carpeta donde se guardará el archivo y el nombre que se le desea indicar.

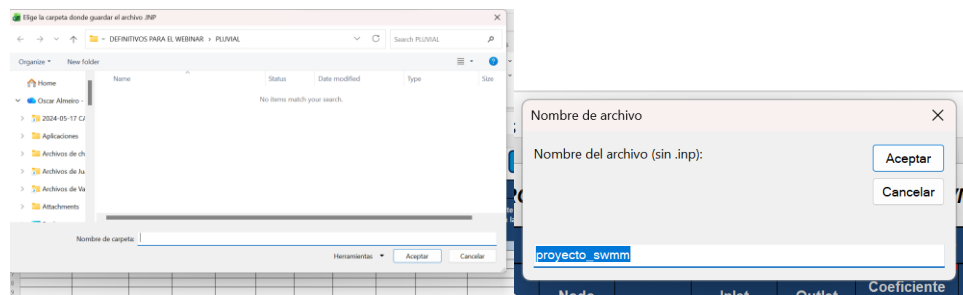


Figura 38. Asignación carpeta para guardar archivo/ definición del nombre.

Posteriormente es necesario validar avisos de seguridad como los que se muestra a continuación.

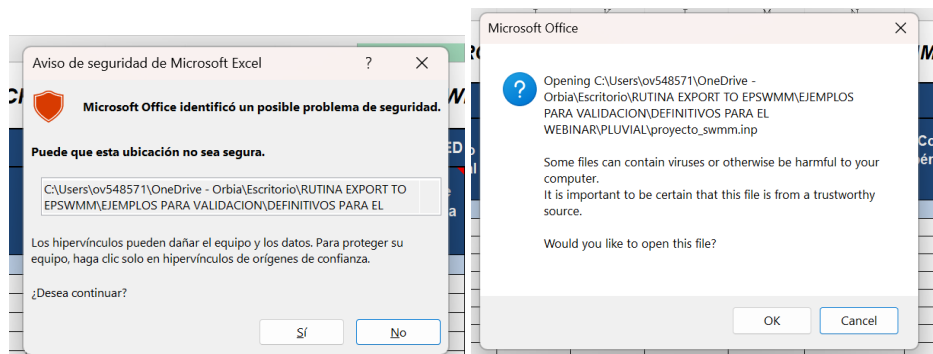


Figura 39. Validación de alertas de seguridad.

Finalmente se generará el archivo .INP con toda la estructura requerida para ser abierto satisfactoriamente en el software de modelación EPA-SWMM y en donde el usuario ya podrá hacer sus validaciones hidráulicas correspondientes en flujo gradualmente variado y no permanente acorde a la normatividad local vigente.

Dirección
Autopista sur 71-75
Bogotá, Colombia

Teléfonos
+57 (1) 782 5000
Ext. 1101
01 8000 912286

Sitio web
www.pavcowavin.com.co

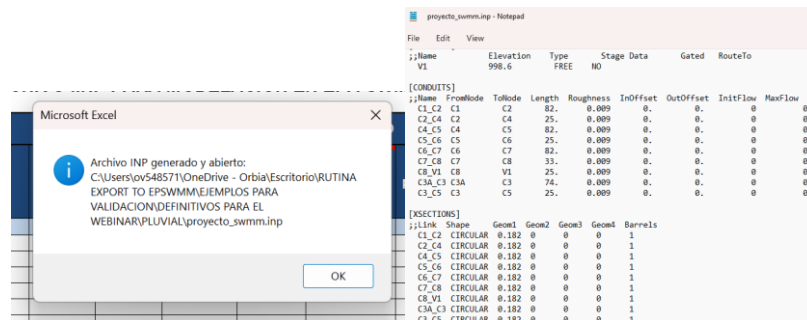


Figura 40. Generación archivo .inp

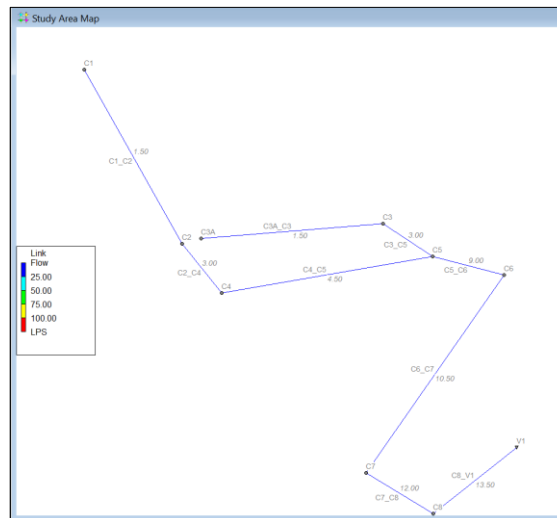


Figura 41. Archivo .inp abierto en EPA-SWMM 5.2.