

MANUAL DE DISEÑO E INSTALACIÓN

Tubería de PVC perfilada y reforzada
para conducción de agua pluvial

BLUDREN

¿Qué es BLUDREN?

BLUDREN Es una tubería de pared estructurada de Policloruro de vinilo sin plastificante (PVC-U) formada helicoidalmente mediante la combinación de una banda extruida de PVC-U y un clip de acero galvanizado el cual podrá incluir un recubrimiento poliéster. Está diseñada para instalarse en zanja o terraplén formando un sistema suelo-tubo el cual, recibirá las cargas muertas debidas a la columna de suelo y las cargas vivas, debidas al tráfico vehicular. El principio de funcionamiento se basa en diseñar un perfil de PVC-U que posea un valor elevado en el momento de inercia de sus elementos, tal y como se hace al diseñar una viga, ganando resistencia con poco aumento de peso.

Descripción

Tubo de PVC pared estructurada fabricada helicoidalmente de perfil abierto e interior liso con fleje rigidizante de acero galvanizado, con un diámetro interno de (___ mm) fabricada bajo la norma mexicana NMX-E-229-SCFI-1999.

Aplicaciones principales

BLUDREN está diseñado para emplearse en la mayoría de las conducciones de agua a tirante normal (Y_n) o conducción a tubo lleno trabajando a baja presión con una carga de trabajo de 0.50 Kg/cm^2 .

- Drenaje de aguas pluviales.
- Alcantarillas y puentes vados.
- Entubado de Canales de Riego.
- Sub - Drenaje (versión en tubería perforada BLUDRAIN).
- Drenaje de Carreteras.
- Tanques para el almacenamiento de agua.
- Tanques para control de inundaciones conocidos como Sistemas de Retención de Tormentas

BLUDREN, al ser una tubería flexible, permite deformaciones y al deflectarse ante la carga, permite que se desarrollen empujes pasivos de suelo en ambos lados del tubo, al mismo tiempo la deformación del mismo lo libera de soportar la mayor porción de la carga vertical, la cual es absorbida por el suelo de acostillado, a través del llamada efecto arco.

BLUDREN se fabrica bajo la norma mexicana **NMX-E-229-SCFI VIGENTE** siguiendo las más estrictas normas de calidad además de tener diversas normas ISO y ASTM como referencia.



Características, ventajas y beneficios

Ligeras

El diseño del perfil esta tubería posee una excelente relación peso-resistencia. Una gran ventaja en obras de difícil acceso y ahorro en equipo.

Alta Resistencia Química

Con un coeficiente "n" de Manning de 0.0092, posee una gran eficiencia hidráulica, ideal para terrenos con pendientes muy suaves susceptibles al azolve. Ahorro al poder diseñar diámetros menores con respecto a tubos de mayor coeficiente de rugosidad manteniendo la misma capacidad hidráulica.

Longitud Variable

Normalmente se fabrican en tramos de 6 m pero se pueden generar de menor o mayor longitud (máximo 9 m dependiendo el diámetro). Mínimo desperdicio en obra y facilidad de maniobras en obras de difícil acceso.

Fabricación de diámetros al diseño

BLUDREN se fabrica en diámetros comerciales desde 600 mm hasta 3050 mm y puede ser fabricado de acuerdo al diámetro de diseño en múltiplos de 5 cm. Economía en obra hasta en un 30% (ver tabla 1)

DIÁMETRO		
Tubería de Concreto, lámina a PEAD corrugado (n=0.012)		Equivalente en BLUDREN (n=0.0092)
mm	pie	mm
1070	42	1000
1220	48	1100
1520	60	1400
1830	72	1650
2130	84	1950
2440	96	2200
3050	120	2750

TABLA 1. Equivalente hidráulico entre tuberías con n=0.012 Vs BLUDREN



La experiencia de los contratistas demuestra que al trabajar con **BLUDREN** se tienen los mejores rendimientos, el menor riesgo por accidentes y los más bajos costos de transporte y manejo.

Proceso de fabricación

La tubería **BLUDREN** presenta aspectos revolucionarios en cuanto a su concepción y proceso de fabricación. Se trata de una tubería de pared exterior perfilada e interior liso. Fabricado a base de PVC rígido no plastificado como materia, entendiéndose como PVC no plastificado la resina del Cloruro de Polivinilo técnicamente puro (menos del 1% de impurezas). Con este producto de excelentes características, se fabrica una banda perfilada cuya estructura garantiza al tubo una alta rigidez y resistencia. Por lo tanto su configuración perfilada exterior (vigas T) asegura un alto momento de inercia a la pared del tubo lo que incrementa su resistencia con poco aumento de peso. Aunado a este proceso y de forma simultánea, se adiciona helicoidalmente un clip de acero galvanizado.

El traslado de la máquina conformadora del tubo a un punto de fabricación cercano a la obra, permite obtener tubería de PVC prácticamente en el sitio de obra o muy cercana a ella, pudiéndose adaptar,

en cada momento, los diámetros y longitudes de los tubos fabricados a las necesidades concretas de cada obra, es decir, se instala una planta temporal cerca del sitio de obra cuidando siempre todos los procesos incluidos dentro de nuestro sistema de calidad. Económicamente representa un importante ahorro en cuestión de traslado de tubo.

El proceso de fabricación de la tubería resulta sencillo a simple vista pero con un alto respaldo tecnológico y una compleja ingeniería, permitiendo como en ningún otro sistema, la obtención de prácticamente cualquier diámetro y con rendimientos extraordinarios.

Su longitud es generalmente de 6 m pero debido a su proceso de fabricación antes descrito, pueden ofrecerse en longitudes menores, si la obra así lo requiriese como aquellas de difícil acceso, o en longitudes mayores con un máximo de 8 m dependiendo el diámetro. Esto permite reducir considerablemente el desperdicio en obra.



Comportamiento hidráulico

Debido a que la tubería BLUDREN es fabricada con PVC tiene la gran ventaja de poseer un bajo coeficiente de rugosidad permitiendo velocidades capaces de evitar la generación de azolves.

Para el diseño hidráulico de colectores pluviales y entubados de canales de riego se utilizará la llamada ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R_h^{2/3}}{n} S^{1/2}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

Q = gasto en m³/s
 A = área hidráulica en m²
 n = coeficiente de rugosidad
 S = pendiente en m/m (adimensional)
 R_h = radio hidráulico en m
 V = velocidad del agua en m/s
 P_m = perímetro mojado en m

Considerando un comportamiento hidráulico a tubo lleno y utilizando la ecuación de Manning, será posible determinar el diámetro requerido conociendo el gasto y la pendiente.

La ecuación simplificada resulta de la siguiente manera:

$$\varnothing = 1.5483 \left(\frac{Q \cdot n}{\sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

Coeficiente de fricción interna

Uso para aguas relativamente limpias, como pluviales y entubados de canales

0.0092

Uso para aguas con considerable contenido de sólidos en suspensión

0.0100

Velocidad mínima

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos que provoquen azolves y taponeamientos. La velocidad mínima permisible (Fuente: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua) es de **0.30 m/s**, considerando el gasto mínimo.

Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en caso de pendientes fuertes; y de 1.5 cm en casos de pendientes normales.



Velocidad máxima

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de la tubería y daños a las estructuras. La velocidad máxima permisible es de **5.0 m/s**.

En los casos especiales en donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, se podrá diseñar en casos extraordinarios y en tramos cortos con velocidades máximas de **8.0 m/s**.



Tabla 2. Gasto a tubo lleno en m³/s en función de la pendiente y el diámetro. ($n = 0.0092$)

Diámetro (m)	Pendiente (m/m)																				Diámetro (m)
	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090	0.0100	0.0120	0.0140	0.0160	0.0180	0.0200	
0.60	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.27	0.39	0.48	0.55	0.61	0.67	0.73	0.78	0.82	0.87	0.95	1.03	1.10	1.16	1.23	0.60
0.65	0.11	0.15	0.19	0.21	0.24	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	0.83	0.90	0.96	1.02	1.07	1.18	1.27	1.36	1.44	1.52	0.65
0.70	0.13	0.19	0.23	0.26	0.29	0.41	0.59	0.72	0.83	0.93	1.01	1.09	1.17	1.24	1.31	1.43	1.55	1.66	1.76	1.85	0.70
0.75	0.16	0.22	0.27	0.31	0.35	0.50	0.70	0.86	0.99	1.11	1.22	1.32	1.41	1.49	1.57	1.72	1.86	1.99	2.11	2.22	0.75
0.80	0.19	0.26	0.32	0.37	0.42	0.59	0.84	1.02	1.18	1.32	1.45	1.56	1.67	1.77	1.87	2.05	2.21	2.36	2.51	2.64	0.80
0.85	0.22	0.31	0.38	0.44	0.49	0.69	0.98	1.20	1.39	1.55	1.70	1.84	1.96	2.08	2.20	2.41	2.60	2.78	2.95	3.11	0.85
0.90	0.26	0.36	0.44	0.51	0.57	0.81	1.14	1.40	1.62	1.81	1.98	2.14	2.29	2.43	2.56	2.80	3.03	3.24	3.43	3.62	0.90
0.95	0.30	0.42	0.51	0.59	0.66	0.93	1.32	1.62	1.87	2.09	2.29	2.47	2.64	2.80	2.95	3.24	3.50	3.74	3.96	4.18	0.95
1.00	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	1.07	1.52	1.86	2.14	2.40	2.62	2.83	3.03	3.21	3.39	3.71	4.01	4.29	4.55	4.79	1.00
1.05	0.39	0.55	0.67	0.77	0.86	1.22	1.73	2.11	2.44	2.73	2.99	3.23	3.45	3.66	3.86	4.23	4.57	4.88	5.18	5.46	1.05
1.10	0.44	0.62	0.76	0.87	0.98	1.38	1.95	2.39	2.76	3.09	3.38	3.65	3.91	4.14	4.37	4.79	5.17	5.53	5.86	6.18	1.10
1.15	0.49	0.70	0.85	0.98	1.10	1.56	2.20	2.69	3.11	3.48	3.81	4.11	4.40	4.67	4.92	5.39	5.82	6.22	6.60	6.96	1.15
1.20	0.55	0.78	0.95	1.10	1.23	1.74	2.46	3.02	3.48	3.90	4.27	4.61	4.93	5.23	5.51	6.03	6.52	6.97	7.39	7.79	1.20
1.25	0.61	0.87	1.06	1.23	1.37	1.94	2.75	3.36	3.88	4.34	4.76	5.14	5.49	5.83	6.14	6.73	7.27	7.77	8.24	8.69	1.25
1.30	0.68	0.96	1.18	1.36	1.52	2.16	3.05	3.74	4.31	4.82	5.28	5.71	6.10	6.47	6.82	7.47	8.07	8.63	9.15	9.64	1.30
1.35	0.75	1.07	1.31	1.51	1.69	2.39	3.37	4.13	4.77	5.33	5.84	6.31	6.75	7.16	7.54	8.26	8.92	9.54	10.12	10.67	1.35
1.40	0.83	1.18	1.44	1.66	1.86	2.63	3.72	4.55	5.26	5.88	6.44	6.95	7.43	7.88	8.31	9.10	9.83	10.51	11.15	11.75	1.40
1.45	0.91	1.29	1.58	1.83	2.04	2.89	4.08	5.00	5.77	6.45	7.07	7.63	8.16	8.66	9.13	10.00	10.80	11.54	12.24	12.91	1.45
1.50	1.00	1.41	1.73	2.00	2.23	3.16	4.47	5.47	6.32	7.06	7.74	8.36	8.93	9.48	9.99	10.94	11.82	12.63	13.40	14.13	1.50
1.55	1.09	1.54	1.89	2.18	2.44	3.45	4.88	5.97	6.89	7.71	8.44	9.12	9.75	10.34	10.90	11.94	12.90	13.79	14.63	15.42	1.55
1.60	1.19	1.68	2.06	2.37	2.65	3.75	5.31	6.50	7.50	8.39	9.19	9.93	10.61	11.26	11.86	13.00	14.04	15.01	15.92	16.78	1.60
1.65	1.29	1.82	2.23	2.58	2.88	4.07	5.76	7.05	8.15	9.11	9.98	10.78	11.52	12.22	12.88	14.11	15.24	16.29	17.28	18.21	1.65
1.70	1.39	1.97	2.42	2.79	3.12	4.41	6.24	7.64	8.82	9.86	10.80	11.67	12.47	13.23	13.95	15.28	16.50	17.64	18.71	19.72	1.70
1.75	1.51	2.13	2.61	3.01	3.37	4.76	6.74	8.25	9.53	10.65	11.67	12.61	13.48	14.29	15.07	16.51	17.83	19.06	20.21	21.31	1.75
1.80	1.62	2.30	2.81	3.25	3.63	5.14	7.26	8.90	10.27	11.49	12.58	13.59	14.53	15.41	16.24	17.79	19.22	20.55	21.79	22.97	1.80
1.85	1.75	2.47	3.03	3.49	3.91	5.53	7.81	9.57	11.05	12.36	13.54	14.62	15.63	16.58	17.47	19.14	20.68	22.10	23.44	24.71	1.85
1.90	1.88	2.65	3.25	3.75	4.20	5.93	8.39	10.28	11.87	13.27	14.53	15.70	16.78	17.80	18.76	20.55	22.20	23.73	25.17	26.53	1.90
1.95	2.01	2.84	3.48	4.02	4.50	6.36	8.99	11.01	12.72	14.22	15.58	16.82	17.98	19.08	20.11	22.03	23.79	25.43	26.98	28.44	1.95
2.00	2.15	3.04	3.73	4.30	4.81	6.80	9.62	11.78	13.61	15.21	16.66	18.00	19.24	20.41	21.51	23.57	25.45	27.21	28.86	30.42	2.00
2.10	2.45	3.46	4.24	4.90	5.48	7.75	10.96	13.42	15.50	17.32	18.98	20.50	21.91	23.24	24.50	26.84	28.99	30.99	32.87	34.65	2.10
2.20	2.77	3.92	4.80	5.55	6.20	8.77	12.40	15.19	17.54	19.61	21.48	23.21	24.81	26.31	27.74	30.38	32.82	35.08	37.21	39.23	2.20
2.30	3.12	4.42	5.41	6.25	6.98	9.88	13.97	17.10	19.75	22.08	24.19	26.13	27.93	29.63	31.23	34.21	36.95	39.50	41.90	44.16	2.30
2.40	3.50	4.95	6.06	7.00	7.82	11.06	15.64	19.16	22.12	24.74	27.10	29.27	31.29	33.19	34.98	38.32	41.39	44.25	46.93	49.47	2.40
2.50	3.90	5.52	6.76	7.80	8.72	12.33	17.44	21.36	24.67	27.58	30.21	32.63	34.89	37.00	39.00	42.73	46.15	49.34	52.33	55.16	2.50
2.60	4.33	6.12	7.50	8.66	9.68	13.69	19.37	23.72	27.39	30.62	33.54	36.23	38.73	41.08	43.30	47.44	51.24	54.78	58.10	61.24	2.60
2.70	4.79	6.77	8.29	9.58	10.71	15.14	21.42	26.23	30.29	33.86	37.09	40.07	42.83	45.43	47.89	52.46	56.66	60.58	64.25	67.73	2.70
2.80	5.28	7.46	9.14	10.55	11.80	16.69	23.60	28.90	33.37	37.31	40.87	44.15	47.20	50.06	52.77	57.80	62.43	66.74	70.79	74.62	2.80
2.90	5.79	8.19	10.04	11.59	12.96	18.32	25.91	31.74	36.65	40.97	44.88	48.48	51.82	54.97	57.94	63.47	68.56	73.29	77.74	81.94	2.90
3.00	6.34	8.97	10.99	12.68	14.18	20.06	28.36	34.74	40.11	44.85	49.13	53.06	56.73	60.17	63.42	69.48	75.04	80.23	85.09	89.70	3.00
3.05	6.63	9.37	11.48	13.26	14.82	20.96	29.64	36.30	41.92	46.87	51.34	55.46	59.28	62.88	66.28	72.61	78.43	83.84	88.93	93.74	3.05

Tabla 3. Velocidad a tubo lleno en m/s en función de la pendiente y el diámetro. (n = 0.0092)

Diámetro (m)	Pendiente (m/m)																			Diámetro (m)	
	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090	0.0100	0.0120	0.0140	0.0160	0.0180		0.0200
0.60	0.31	0.43	0.53	0.61	0.69	0.97	1.37	1.68	1.94	2.17	2.38	2.57	2.74	2.91	3.07	3.36	3.63	3.88	4.12	4.34	0.60
0.65	0.32	0.46	0.56	0.65	0.72	1.02	1.45	1.77	2.05	2.29	2.51	2.71	2.90	3.07	3.24	3.55	3.83	4.09	4.34	4.58	0.65
0.70	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	1.08	1.52	1.86	2.15	2.40	2.63	2.85	3.04	3.23	3.40	3.73	4.02	4.30	4.56	4.81	0.70
0.75	0.36	0.50	0.62	0.71	0.80	1.13	1.59	1.95	2.25	2.52	2.76	2.98	3.18	3.38	3.56	3.90	4.21	4.50	4.78	5.04	0.75
0.80	0.37	0.53	0.64	0.74	0.83	1.18	1.66	2.04	2.35	2.63	2.88	3.11	3.32	3.53	3.72	4.07	4.40	4.70	4.99	5.26	0.80
0.85	0.39	0.55	0.67	0.77	0.87	1.22	1.73	2.12	2.45	2.74	3.00	3.24	3.46	3.67	3.87	4.24	4.58	4.90	5.19	5.47	0.85
0.90	0.40	0.57	0.70	0.80	0.90	1.27	1.80	2.20	2.54	2.84	3.11	3.36	3.60	3.81	4.02	4.40	4.76	5.09	5.39	5.69	0.90
0.95	0.42	0.59	0.72	0.83	0.93	1.32	1.86	2.28	2.64	2.95	3.23	3.49	3.73	3.95	4.17	4.57	4.93	5.27	5.59	5.90	0.95
1.00	0.43	0.61	0.75	0.86	0.96	1.36	1.93	2.36	2.73	3.05	3.34	3.61	3.86	4.09	4.31	4.73	5.10	5.46	5.79	6.10	1.00
1.05	0.45	0.63	0.77	0.89	1.00	1.41	1.99	2.44	2.82	3.15	3.45	3.73	3.99	4.23	4.46	4.88	5.27	5.64	5.98	6.30	1.05
1.10	0.46	0.65	0.80	0.92	1.03	1.45	2.06	2.52	2.91	3.25	3.56	3.85	4.11	4.36	4.60	5.04	5.44	5.81	6.17	6.50	1.10
1.15	0.47	0.67	0.82	0.95	1.06	1.50	2.12	2.59	2.99	3.35	3.67	3.96	4.23	4.49	4.73	5.19	5.60	5.99	6.35	6.70	1.15
1.20	0.49	0.69	0.84	0.97	1.09	1.54	2.18	2.67	3.08	3.44	3.77	4.08	4.36	4.62	4.87	5.34	5.76	6.16	6.54	6.89	1.20
1.25	0.50	0.71	0.87	1.00	1.12	1.58	2.24	2.74	3.17	3.54	3.88	4.19	4.48	4.75	5.01	5.48	5.92	6.33	6.72	7.08	1.25
1.30	0.51	0.73	0.89	1.03	1.15	1.62	2.30	2.81	3.25	3.63	3.98	4.30	4.60	4.87	5.14	5.63	6.08	6.50	6.89	7.27	1.30
1.35	0.53	0.75	0.91	1.05	1.18	1.67	2.36	2.89	3.33	3.73	4.08	4.41	4.71	5.00	5.27	5.77	6.23	6.66	7.07	7.45	1.35
1.40	0.54	0.76	0.94	1.08	1.21	1.71	2.41	2.96	3.41	3.82	4.18	4.52	4.83	5.12	5.40	5.91	6.39	6.83	7.24	7.63	1.40
1.45	0.55	0.78	0.96	1.11	1.24	1.75	2.47	3.03	3.50	3.91	4.28	4.62	4.94	5.24	5.53	6.05	6.54	6.99	7.41	7.82	1.45
1.50	0.57	0.80	0.98	1.13	1.26	1.79	2.53	3.10	3.57	4.00	4.38	4.73	5.06	5.36	5.65	6.19	6.69	7.15	7.58	7.99	1.50
1.55	0.58	0.82	1.00	1.16	1.29	1.83	2.58	3.16	3.65	4.09	4.48	4.83	5.17	5.48	5.78	6.33	6.84	7.31	7.75	8.17	1.55
1.60	0.59	0.83	1.02	1.18	1.32	1.87	2.64	3.23	3.73	4.17	4.57	4.94	5.28	5.60	5.90	6.46	6.98	7.46	7.92	8.35	1.60
1.65	0.60	0.85	1.04	1.20	1.35	1.90	2.69	3.30	3.81	4.26	4.67	5.04	5.39	5.71	6.02	6.60	7.13	7.62	8.08	8.52	1.65
1.70	0.61	0.87	1.06	1.23	1.37	1.94	2.75	3.37	3.89	4.34	4.76	5.14	5.50	5.83	6.14	6.73	7.27	7.77	8.24	8.69	1.70
1.75	0.63	0.89	1.08	1.25	1.40	1.98	2.80	3.43	3.96	4.43	4.85	5.24	5.60	5.94	6.26	6.86	7.41	7.92	8.40	8.86	1.75
1.80	0.64	0.90	1.11	1.28	1.43	2.02	2.85	3.50	4.04	4.51	4.94	5.34	5.71	6.06	6.38	6.99	7.55	8.07	8.56	9.03	1.80
1.85	0.65	0.92	1.13	1.30	1.45	2.06	2.91	3.56	4.11	4.60	5.04	5.44	5.81	6.17	6.50	7.12	7.69	8.22	8.72	9.19	1.85
1.90	0.66	0.94	1.15	1.32	1.48	2.09	2.96	3.62	4.19	4.68	5.13	5.54	5.92	6.28	6.62	7.25	7.83	8.37	8.88	9.36	1.90
1.95	0.67	0.95	1.17	1.35	1.51	2.13	3.01	3.69	4.26	4.76	5.22	5.63	6.02	6.39	6.73	7.38	7.97	8.52	9.03	9.52	1.95
2.00	0.68	0.97	1.19	1.37	1.53	2.17	3.06	3.75	4.33	4.84	5.30	5.73	6.12	6.50	6.85	7.50	8.10	8.66	9.19	9.68	2.00
2.10	0.71	1.00	1.23	1.41	1.58	2.24	3.16	3.87	4.47	5.00	5.48	5.92	6.33	6.71	7.07	7.75	8.37	8.95	9.49	10.00	2.10
2.20	0.73	1.03	1.26	1.46	1.63	2.31	3.26	4.00	4.61	5.16	5.65	6.10	6.53	6.92	7.30	7.99	8.63	9.23	9.79	10.32	2.20
2.30	0.75	1.06	1.30	1.50	1.68	2.38	3.36	4.12	4.75	5.31	5.82	6.29	6.72	7.13	7.52	8.23	8.89	9.51	10.08	10.63	2.30
2.40	0.77	1.09	1.34	1.55	1.73	2.45	3.46	4.24	4.89	5.47	5.99	6.47	6.92	7.34	7.73	8.47	9.15	9.78	10.37	10.94	2.40
2.50	0.79	1.12	1.38	1.59	1.78	2.51	3.55	4.35	5.03	5.62	6.15	6.65	7.11	7.54	7.95	8.70	9.40	10.05	10.66	11.24	2.50
2.60	0.82	1.15	1.41	1.63	1.82	2.58	3.65	4.47	5.16	5.77	6.32	6.82	7.30	7.74	8.16	8.93	9.65	10.32	10.94	11.53	2.60
2.70	0.84	1.18	1.45	1.67	1.87	2.64	3.74	4.58	5.29	5.91	6.48	7.00	7.48	7.93	8.36	9.16	9.90	10.58	11.22	11.83	2.70
2.80	0.86	1.21	1.48	1.71	1.92	2.71	3.83	4.69	5.42	6.06	6.64	7.17	7.66	8.13	8.57	9.39	10.14	10.84	11.50	12.12	2.80
2.90	0.88	1.24	1.52	1.75	1.96	2.77	3.92	4.80	5.55	6.20	6.79	7.34	7.85	8.32	8.77	9.61	10.38	11.10	11.77	12.41	2.90
3.00	0.90	1.27	1.55	1.79	2.01	2.84	4.01	4.91	5.67	6.34	6.95	7.51	8.03	8.51	8.97	9.83	10.62	11.35	12.04	12.69	3.00
3.05	0.91	1.28	1.57	1.81	2.03	2.87	4.06	4.97	5.74	6.41	7.03	7.59	8.11	8.61	9.07	9.94	10.73	11.48	12.17	12.83	3.05

Ejemplo de cálculo hidráulico

Se requiere conducir un gasto de 2.0 m³/s en una pendiente de 0.001. Calcular los diámetros de tubería requeridos en los siguientes materiales:

- Tubería BLUDREN (PVC),
- Tubería de concreto
- Tubería de PEAD corrugado



Conocer el volumen de excavación para 1.0 Km de zanja a una profundidad de 3 m.

Análisis para tubería BLUDREN:

$$\emptyset = 1.5483 \left(\frac{2.0 \cdot 0.092}{\sqrt{0.001}} \right)^{3/8} = 1.26 \rightarrow \emptyset = 1.30 \text{ m}$$

NOTA: Utilizando la TABLA 2 se puede obtener el mismo valor siguiendo este procedimiento: Sobre la columna de la pendiente 0.001 se busca el valor de un gasto de 2.0 m³/s o el siguiente valor superior para después dirigirse sobre la misma fila para obtener el diámetro recomendado.

El ancho de excavación (B) requerido será:

$$B_{BLUDREN} = 1.5 \times 1.30 + 0.30 = 2.25 \rightarrow B = 2.25 \text{ m}$$

Análisis para tubería concreto y PEAD corrugado:

$$\emptyset = 1.5483 \left(\frac{2.0 \cdot 0.092}{\sqrt{0.001}} \right)^{3/8} = 1.40 \rightarrow \emptyset = 1.52 \text{ m (60")}$$

El ancho de excavación (B) para un diámetro de 1.52 m (60") en concreto reforzado y PEAD corrugado de acuerdo al MAPAS de la CONAGUA serán los siguientes:

$$B_{concreto} = 2.50 \text{ m} \quad B_{PEAD} = 2.59 \text{ m}$$

Los volúmenes de excavación en 1 km de obra y para una profundidad de 3.0 m a nivel de plantilla, sin considerar talud en las paredes, serán los siguientes:

$$V_{BLUDREN} = 1000 \times 2.25 \times 3.0 = 6,750 m^3$$

$$V_{concreto} = 1000 \times 2.50 \times 3.0 = 7,500 m^3$$

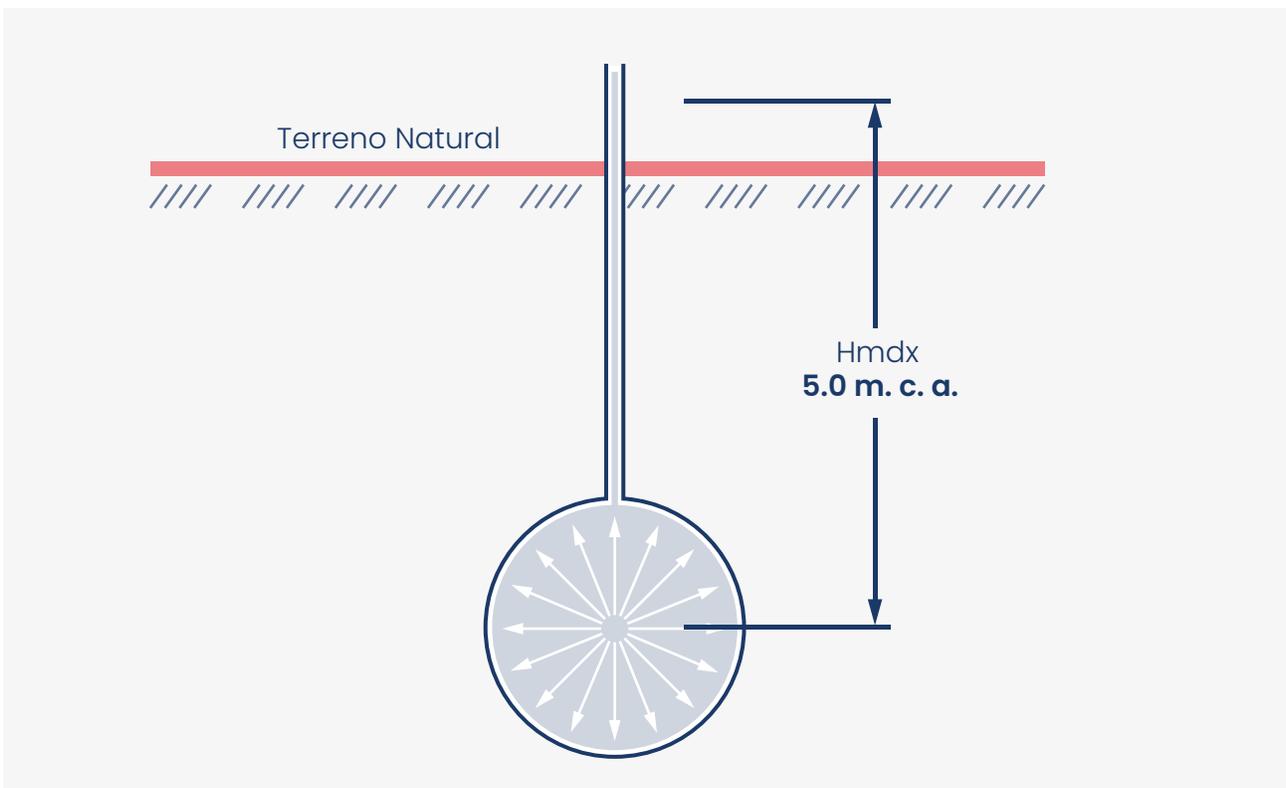
$$V_{PEAD} = 1000 \times 2.59 \times 3.0 = 7,770 m^3$$

Considerar tubería de concreto o PEAD corrugado representa un incremento en diámetro comparado con el sistema BLUDREN, y por consecuencia, mayores volúmenes de excavación y rellenos.

Presión interna de trabajo

Por las características propias de la pared de la tubería BLUDREN, además de su avanzado sistema de unión mediante un cementante especial que logra una termofusión en frío.

El Sistema BLUDREN permite una presión interna de: **5.0 m. c. a.**



Entubado de canales

Debido a la capacidad a la presión interna que tiene BLUDREN, es posible diseñar y construir entubados de canales de riego a tubo lleno ofreciendo niveles de agua iguales o por arriba del nivel de operación del canal existente.

Con la tubería BLUDREN, es posible generar obras económicamente competentes contra el revestimiento de canales.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

- Nivel de agua disponible por arriba del canal existente, permitiendo alcanzar zonas donde antes no era posible regar.
- Sin pérdidas por evaporación e infiltración.
- Eficiencia del 99% contra un 65% promedio en las conducciones por canal abierto.
- Recuperación de terreno permitiendo tránsito vehicular y comunicación entre parcelas.
- Mantenimiento prácticamente nulo.
- Reducción del robo del agua.
- Mayor control en el suministro.
- Reduce la contaminación del agua.



Válvulas de admisión y expulsión de aire (VAEA)

Para evitar la presencia de aire atrapado dentro de una línea trabajando a tubo lleno, deben instalarse VAEA en los puntos altos de la red, al inicio de pendientes descendentes, en los cambios de pendientes en sentido ascendente, en los cambios de tirante normal a tubo lleno y en tramos horizontales largos, esto es, en tramos promedio de 300 m y nunca superiores a 400 m. Es muy importante evacuar el aire del sistema desde el proceso de llenado.

Como regla empírica, para la elección del diámetro de la VAEA de acuerdo al diámetro del tubo, puede considerarse un diámetro entre 6" y 10". Debido a la baja presión de operación del Sistema BLUDREN, puede considerarse la sustitución de la VAEA por la colocación de los llamados "jarros de aire".

Instalación del Sistema BLUDREN

Cálculo del ancho de excavación

Para determinar el ancho mínimo que tendrá la excavación donde será alojada la tubería dependerá de la calidad del suelo que forman las paredes de la zanja, del material de acostillado, el nivel de compactación, las cargas que estarán actuando y siempre considerar que el espacio entre la tubería y la pared de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería.

En la Tabla 4 se indican los anchos de zanja recomendados considerándose paredes estables y un material del tipo SM (arena limosa) para acostillado compactado entre el 85% y 90% Próctor.

O bien, puede utilizarse el valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$B = 1.5\emptyset + 0.30$$

Donde \emptyset es el diámetro nominal de la tubería en metros.

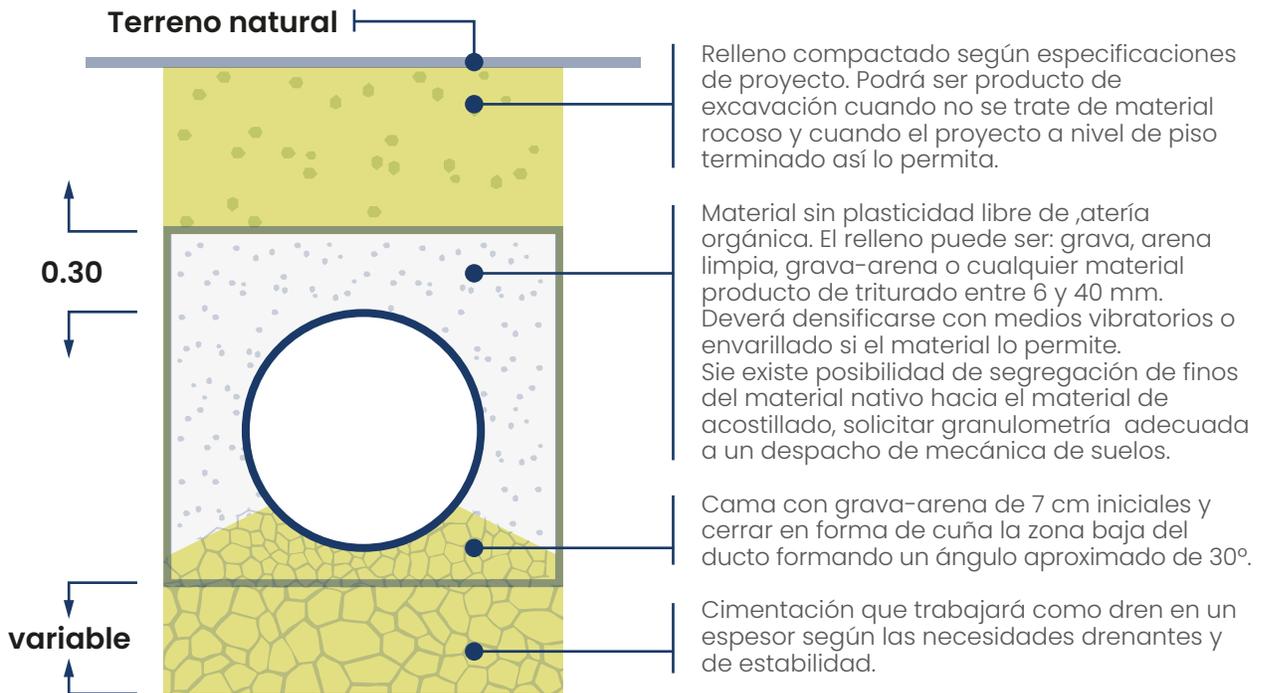
DIÁMETRO mm	S.A.L. m	ANCHO DE EXCAVACIÓN m
600	0.30	1.2
750	0.34	1.4
900	0.38	1.7
1050	0.41	1.9
1200	0.45	2.1
1500	0.53	2.6
1800	0.60	3.0
2100	0.68	3.5
2450	0.76	4.0
3000	0.90	4.8

TABLA 4. Sobre ancho lateral (S. A. L.) y ancho de excavación recomendado.

Condiciones bajo nivel freático

Cuando se presenten aguas subterráneas, éstas deben ser desalojadas para mantener la estabilidad de los materiales. Se debe procurar mantener el nivel del agua por debajo de la plantilla para dar una base estable a la zanja. Se debe usar el equipo y procedimientos necesarios, como bombas, pozos, geotextiles, subdrenes perforados o capas de roca, para remover y controlar el agua en la zanja antes, durante y después de la instalación de la tubería y se haya colocado suficiente material para prevenir que la tubería flote.

Se deberán seguir las recomendaciones dadas en el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje emitido por la Comisión Nacional del Agua y/o en la norma ASTM D2321 Práctica estándar para la instalación subterránea de tuberías termoplásticas para alcantarillado y otras aplicaciones de flujo por gravedad.



Materiales de relleno

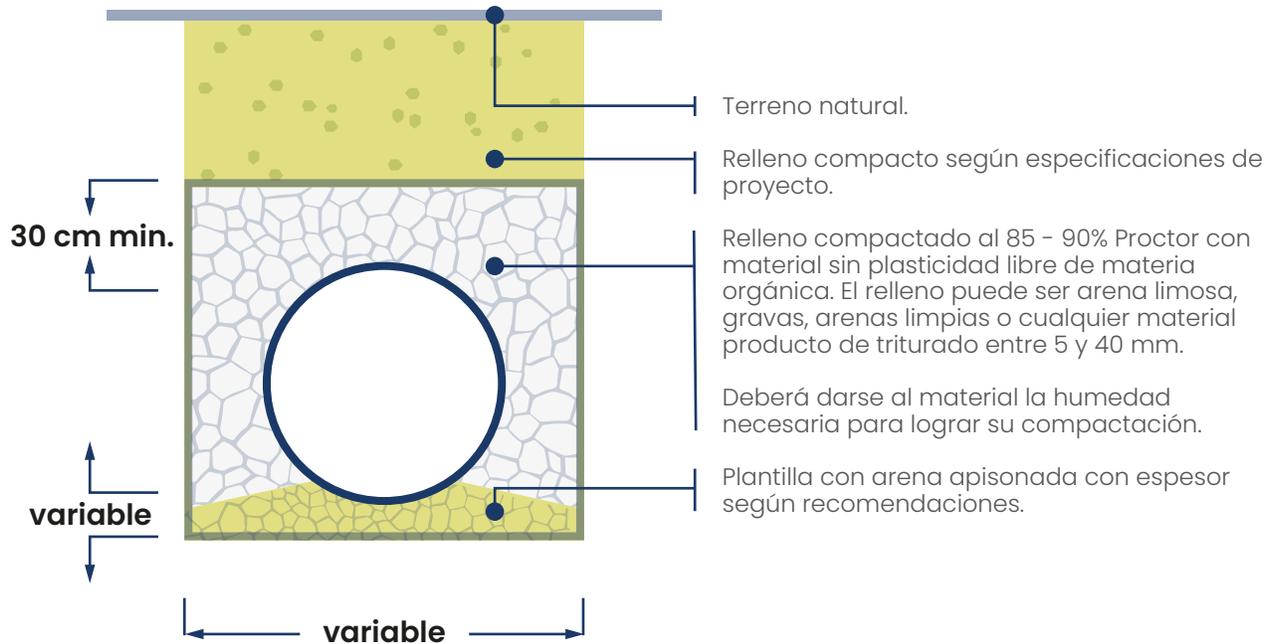
Estos materiales de relleno son los considerados para la plantilla, el acostillado y el relleno final (fig. 1) los cuales deberán ser seleccionados considerando principalmente las cargas de diseño y las características del suelo del sitio.

Para la instalación de la tubería, cuando la altura de relleno sea evaluada por el Departamento Técnico de BLUDREN y se cuente con la mecánica de materiales de la zona, podrá en muchos casos, utilizarse material producto de excavación.

Para un procedimiento manual y visual de identificación del suelo ver norma ASTM D2488 Prácticas para la descripción e identificación de los suelos.

Se describe brevemente la clasificación de los materiales donde se incluye agregados naturales, manufacturados y procesados así como los tipos de suelos clasificados según la norma ASTM D2487 Método de prueba para la clasificación de suelos.

Figura 1



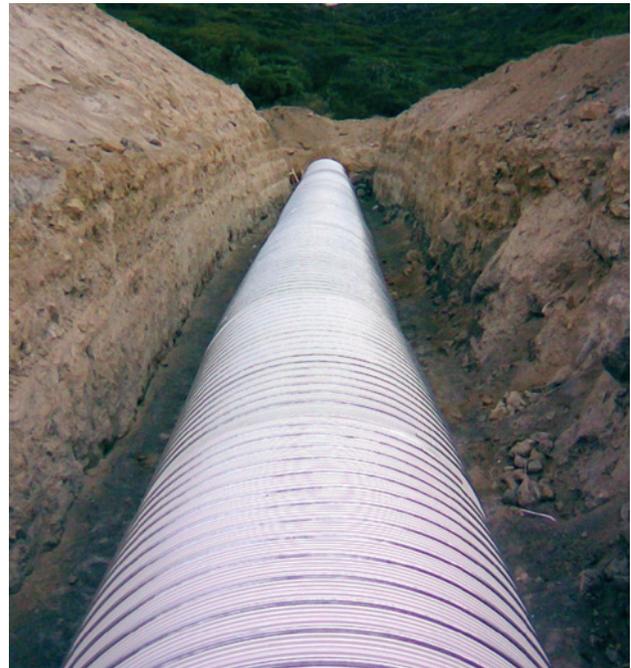
Plantilla

Se debe proveer encamado uniforme, firme y estable al tubo para garantizar un soporte longitudinal a la tubería con un espesor mínimo de 100 mm para condiciones homogéneas y estables del fondo de la zanja.

Cuando se encuentren rocas y materiales de difícil remoción en el fondo de la zanja, se debe instalar un encamado con un espesor mínimo de 150 mm.

Donde el fondo de la zanja sea inestable se debe excavar a una profundidad de acuerdo a lo indicado por el ingeniero y reemplazar por una cimentación de material Clase IA, Clase IB o clase II. Se puede lograr controlar los fondos inestables de zanjas mediante el uso de los geotextiles apropiados.

Los materiales apropiados para la plantilla son los Clase I, Clase II y Clase III. Este último compactado al 85%.



Acostillado

Realizar un correcto acostillado a la tubería proporcionará la estabilidad necesaria al sistema formado suelo – tubo. Primeramente se debe colocar y apisonar el material del acostillado en el área entre la plantilla y la parte inferior del tubo antes de colocar y compactar el resto del recubrimiento en la zona del tubo.

Posteriormente, en capas no mayores de 20 cm, se deberá compactar entre el 85% y 90% de la densidad Próctor Estándar con la técnica y el equipo compatible con los materiales usados, cuidando en no dañar o afectar la tubería. Esta densidad mínima está basada en un módulo promedio de reacción del suelo (E') de 70 Kg/cm² (ver ANEXO I).

La altura a la que deberá llegar el acostillado estará comprendida entre 150 y 300 mm por arriba de la corona del tubo quedando definida en planos o por el ingeniero supervisor.

La ausencia de una correcta compactación o una mala especificación de material puede resultar en una deflexión excesiva puesto que el acostillado es el que soportará en mayor parte la carga vertical aplicada a la tubería. Un punto clave para la instalación de la tubería BLUDREN, es trabajar adecuadamente en la compactación del material localizado en la zona baja del tubo para asegurar un soporte completo.



Relleno final

Generalmente puede ser utilizado el material producto de excavación compactado al 85% mínimo de la densidad Próctor Estándar de acuerdo a la humedad óptima. Esto para evitar posibles asentamientos en el nivel de piso terminado.

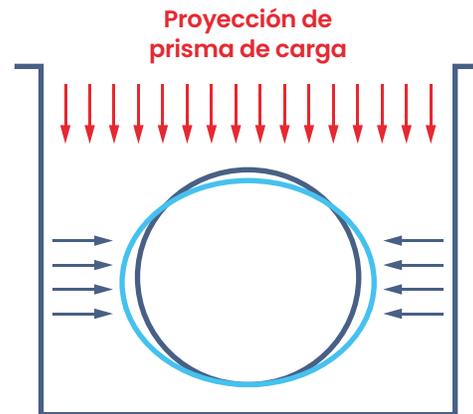
Con esto no queda excluido que podrá requerirse material seleccionado o de banco según los requerimientos finales de la obra.



Sistema Suelo – Tubo

La resistencia efectiva del sistema suelo – tubo es notablemente alta. En pruebas experimentales hechas en la Utah State University (UNI-BELL PVC Pipe Association. “Hand Book of PVC Pipe”. UNI-BELL, Texas, U. S. A., 1991) se ha demostrado que un tubo rígido con resistencia de 49.2 Kg/cm en la prueba de los tres apoyos, colocado en una cama Clase C, llega a fallar por fractura de la pared con una carga de suelo de 74.50 Kg/cm, es decir, el factor de seguridad es de aproximadamente 1.5 sin embargo, bajo condiciones idénticas de suelo y carga, una tubería flexible de PVC deflece solo el 5% de su diámetro interior.

Este valor está muy por debajo del valor de deflexión que podría causar la falla en la pared del tubo, algo así como un factor de seguridad de 6.



Altura de relleno recomendadas sobre la tubería

Al igual que cualquier obra constructiva, el diseño de tuberías flexibles enterradas tiene que valerse de ciertos límites de comportamiento, tanto de los productos como de la instalación en general. Una instalación de calidad es aquella que se diseñó e instaló siguiendo criterios técnicos adecuados, su vida de servicio resultó económica y prestó la seguridad esperada.

La tubería BLUDREN es analizada por tres límites de comportamiento:

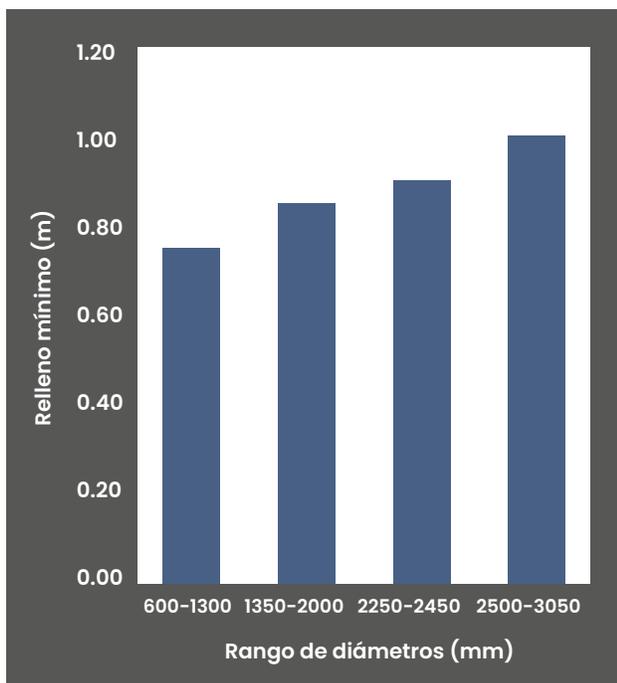
- Deflexión
- Abollamiento o pandeo
- Por rotura de pared

Dichos límites de comportamiento acotarán las profundidades de enterramiento mínimas y máximas recomendadas para esperar un adecuado comportamiento estructural del sistema suelo-tubo.

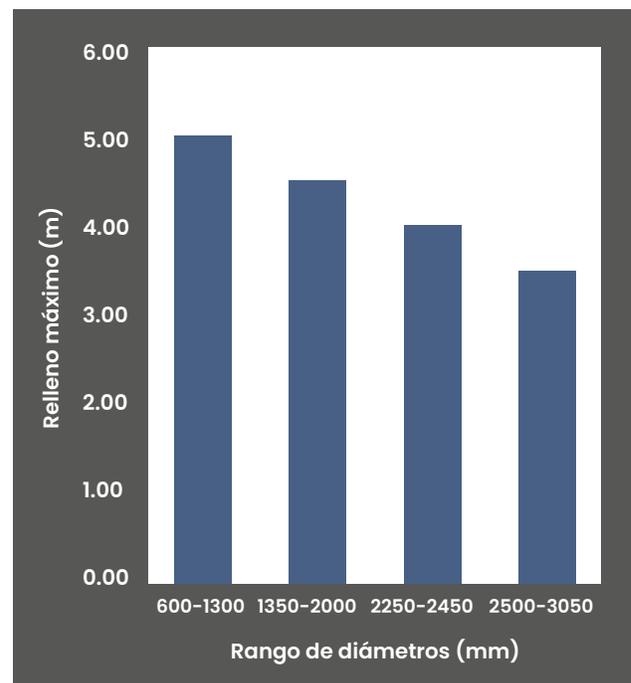
Para la fabricación de la tubería BLUDREN se cuenta con diversos tipos de perfiles (bandas de PVC) y clips de acero (fleje metálico) cada uno con un definido momento de inercia y módulo de elasticidad los cuales darán la rigidez anular requerida en función del diámetro fabricado, siendo SN2 la mínima requerida por la norma internacional ISO 21138-3 para diámetros mayores a 500 mm. El sistema BLUDREN tiene la versatilidad de variar sus perfiles para lograr rigideces hasta un valor de SN8 dependiendo el diámetro. (Consultar con el Departamento Técnico).

Para la elaboración de las gráficas 1 y 2 se consideraron anchos de zanja de acuerdo a la tabla 2 y un acostillado con un material clase III del tipo arena limosa (SM) compactada al 90% de la densidad Próctor Estándar de acuerdo a la humedad óptima produciendo un módulo de reacción del suelo $E' = 70 \text{ Kg/cm}^2$ (ver anexo I). Si el relleno de acostillado requerido no se encuentra dentro de los parámetros indicados en las gráficas, favor de contactar al Departamento Técnico de BLUDREN.

NOTA: Cuando se diseñe a rellenos mínimos deberá continuarse el relleno sobre la corona hasta alcanzar al nivel último de proyecto con la misma calidad y el mismo grado de compactación especificado para el acostillado.



Gráfica 1. Relleno mínimo



Gráfica 2. Relleno máximo

Altura de relleno recomendadas sobre la tubería

Generalmente se consideran las cargas vivas tipo H-20 que para el caso de eje doble, la carga máxima permitida por eje es de 7,250 Kg, es decir, 14,500 Kg por tandem, valor que se utiliza en todos los casos de revisión estructural de la tubería. Los ejes de un camión están separados por 1.20 m generando un traslape de fuerzas a partir de los 90 cm de profundidad. Con esto es posible ofrecer un factor de seguridad adicional igual a 2.0 cuando los rellenos son inferiores a 90 cm.

Para cargas superiores como podrían ser las de ferrocarril, consultar con el Departamento Técnico de BLUDREN.

Durante el proceso constructivo se deberá evitar cargas vivas mayores a las indicadas en el punto anterior considerando como relleno mínimo sobre la corona del tubo el indicado en la gráfica 1. En la gráfica 2 se muestra el relleno máximo que podrá actuar sobre la corona del tubo.

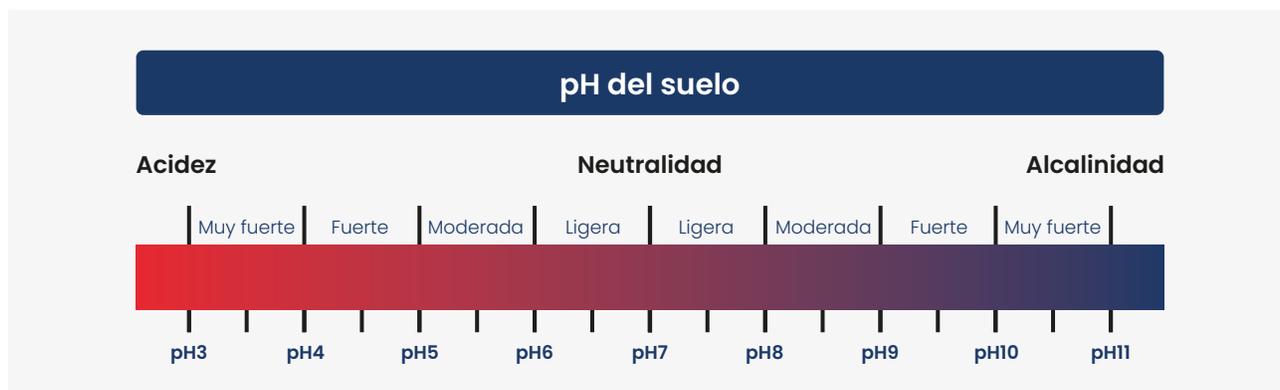


Resistencia química

La resistencia de la tubería de PVC a la acción de los diferentes productos químicos, es muy alta, se puede afirmar que se trata de un producto inalterable químicamente y de una gran durabilidad.

La tubería de PVC BLUDREN, es inmune al ataque de suelos sulfatados y corrosivos, en consecuencia no precisa de protecciones catódicas o cualquier otro tipo de revestimiento.

No es afectado por suelos muy ácidos o altamente alcalinos.



Dentro del manual de tuberías de PVC de UNI-BELL PVC Pipe Association en su capítulo 3 Tabla 3.1, se puede obtener una gran lista de sustancias con su recomendación de uso con las tuberías de PVC.

Consultar con el Departamento Técnico en caso de requerir alguna recomendación.

ANEXO I. Módulo de reacción del suelo

CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y VALORES DE E' (Módulo de reacción del suelo en Kg/cm²)

Descripción			Grado de compactación Próctor Standard		
Clase de Suelo	Suelo según ASTM D 2487	Suelto	Compac. ligera <85%	Compac. moderada 85-95%	Muy compacto >95%
VI	Suelos orgánicos del tipo OL, OH, y suelos que contienen desechos y otros materiales extraños		No se acepta en ningún caso éste material como material de encamado o relleno		
V	Suelos finos LL>50 suelos con media a alta plasticidad CH, MH, CH-MH		No existe información, consulte con un mecánico de suelos o utilice E2=0		
Va	Suelos finos, LL<50 plasticidad media a plasticidad, CL, ML, ML-CL con menos de 25% de partículas gruesas	3.5	14	28	70
Vb	Idem anterior pero con más de 25% de partículas gruesas	7	28	70	140
III	Suelos gruesos con más de 12% de finos GM, GC, SM, SC	7	28	70	140
II	Suelos gruesos con menos del 12% de finos GW, GP, SW, SP	14	70	140	210
I	Piedra quebrada	70	210	210	210

SUCURSALES EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- Oficina Monterrey (Planta)
- Oficina Guadalajara
- Oficina Querétaro
- Oficina Mérida



BLUDREN

INNOVACIÓN & TUBERÍAS

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

TEL: 81 1771 1901

www.bludren.com

Ventas@Bludren.com