



PROBANDO TUBERÍAS CON TAPONES DE ALTA PRESIÓN

Suplemento instructivo de seguridad y operación
por Tim Markonich

Objetivo: Examinaremos las diferencias de diseño entre los tapones de prueba de baja y alta presión y revisaremos los principios de seguridad esenciales para el uso adecuado de los tapones de alta presión.

Descargo de responsabilidad: Estas instrucciones están pensadas como una guía básica más que como una guía completa.

Recurso diseñado para ayudar a los usuarios a operar de forma segura los tapones de prueba de alta presión. Garantizar la seguridad de los tapones es un esfuerzo conjunto entre el fabricante, el distribuidor y el usuario final. Siga todas las instrucciones de seguridad descritas en OSHA y las normativas federales, estatales y locales. No utilice el tapón si alguna condición puede comprometer la seguridad del personal o la propiedad. Para el acceso a espacios confinados, cumpla con todos los requisitos federales, estatales, locales y/o de la empresa aplicables.

Recursos de seguridad adicionales:

NAXSA: <https://www.naxsa.org/page/resources>

Productos Lansas: <https://lansas.com/downloads-videos/>

Industrias Cherne: <https://www.cherneind.com/safety>

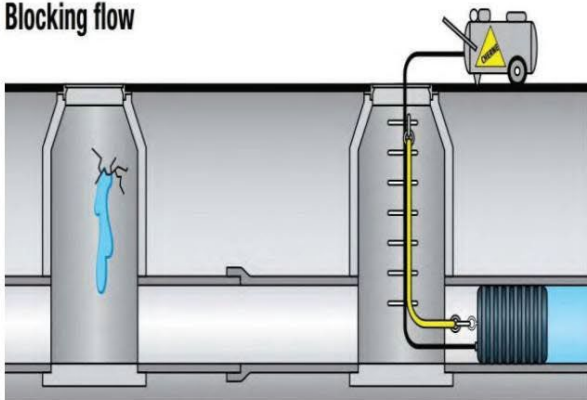
Plug Technologies: <https://plugtechinc.com/safety-info/>

PASO UNO: COMPRENDER EL PRODUCTO

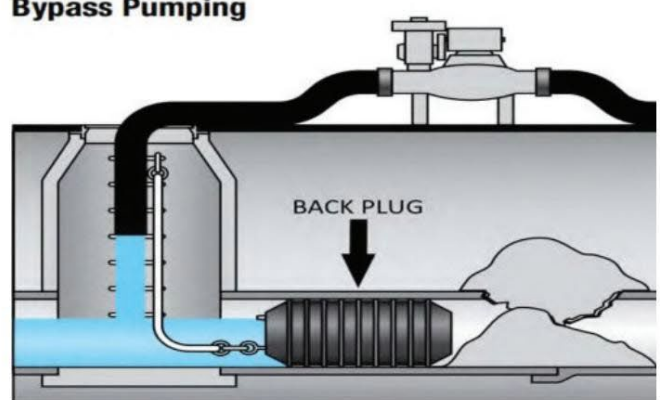
Tapones de baja presión

Para comprender las particularidades de los tapones de prueba de alta presión, es fundamental comprender primero las diferencias de diseño entre los tapones de baja y alta presión. La mayoría de los contratistas de servicios públicos, trabajadores municipales y representantes de ventas están familiarizados con los tapones de baja presión. Estos tapones suelen tener un perfil estrecho y están fabricados principalmente con caucho natural, lo que les proporciona una excelente flexibilidad. Se pueden inflar para adaptarse a diversos diámetros de tubería, lo que los hace versátiles para una amplia gama de aplicaciones, incluidas las que se ilustran a continuación:

Blocking flow



Bypass Pumping



DISEÑO DE TAPÓN DE BAJA PRESIÓN

Los tapones de baja presión están diseñados para mantener la presión mediante un sello seguro cuando la vejiga y las nervaduras o el anillo de sellado del tapón entran en contacto con la superficie interior de la pared de la tubería. Este sello se logra inflando el tapón a la presión precisa especificada por el fabricante.

PRESIÓN NOMINAL DEL TAPÓN DE BAJA PRESIÓN

Los fabricantes de tapones de baja presión determinan su presión nominal instalando tapones nuevos en tuberías de hierro limpias, secas y de tamaño adecuado, y aplicando contrapresión hasta que el tapón se desplace. Este proceso se repite varias veces para establecer la presión mínima a la que se produce el movimiento. Posteriormente, se aplica un margen de seguridad y, con base en

estos resultados, se publica la contrapresión máxima.



Tapón con nervaduras de sellado

Tapón con anillo de sellado (amarillo)

EXAMPLE: BACK PRESSURE DATA TABLE BY SIZE OF PIPE

PLUG SIZE	PIPE DIAMETER																		
	4"	6"	8"	12"	15"	18"	20"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	54"	60"	66"	72"	84"	96"
15"-32"		-	-	-	18.6 psi	17.6 psi	17.2 psi	16.6 psi	15.4 psi	12.2 psi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20"-40"		-	-	-	-	-	-	13.6 psi	12.5 psi	11.2 psi	10.2 psi	8.7 psi	-	-	-	-	-	-	-
24"-48"		-	-	-	-	-	-	-	15.2 psi	13.9 psi	12.8 psi	11.4 psi	10.1 psi	-	-	-	-	-	-
24"-60"		-	-	-	-	-	-	-	15.6 psi	15.2 psi	14.8 psi	14.0 psi	12.6 psi	9.6 psi	6.0 psi	-	-	-	-
40"-60"		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0 psi	13.0 psi	11.0 psi	8.7 psi	-	-	-	-
48"-72"		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2 psi	6.8 psi	6.4 psi	6.2 psi	6.0 psi	-	-
54"-96"		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.3 psi	7.2 psi	6.9 psi	6.8 psi	6.6 psi	6.4 psi

EXAMPLE: BACK PRESSURE DATA ON SPEC TABLE

PART NUMBER	RANGE OF USE		REQUIRED INFLATION PRESSURE	MAXIMUM BACK/TEST PRESSURE	PRODUCT DIMENSIONS		
	MINIMUM PIPE DIAMETER	MAXIMUM PIPE DIAMETER			LENGTH	DEFLATED DIAMETER	WEIGHT
050-46	3.5"	6.25"	30 psi	15 psi	9.5"	3.5"	1 lbs.
050-610	5.3"	10.25"	30 psi	15 psi	19.7"	5.0"	4 lbs.
050-812	7.3"	12.25"	25 psi	15 psi	20.0"	7.0"	8 lbs.
050-1016	9.5"	16.25"	25 psi	15 psi	30.0"	9.30"	19 lbs.
050-1218	11.5"	18.25"	25 psi	15 psi	30.0"	11.0"	29 lbs.
050-1224	11.5"	24.25"	25 psi	15 psi	41.0"	11.0"	33 lbs.
050-1530	14.0"	30.25"	20 psi	8 psi	55.0"	13.0"	48 lbs.
050-1530RP	14.0"	30.25"	20 psi	8 psi	55.0"	13.0"	50 lbs.
050-2036	19.0"	36.25"	20 psi	8 psi	64.0"	18.5"	71 lbs.
050-2036RP	19.0"	36.25"	20 psi	8 psi	64.0"	18.5"	73 lbs.
050-2448	22.0"	48.25"	15 psi	8 psi	84.0"	21.5"	102 lbs.

PUNTO DE ÉNFASIS:

El rendimiento de un tapón en una tubería de hierro limpia y seca puede diferir significativamente de su comportamiento en una tubería de plástico húmeda, lo que podría eliminar por completo el margen de seguridad o incluso reducir la contrapresión. Es fundamental que el personal competente considere cuidadosamente todas las condiciones de la obra y de las pruebas antes de seleccionar y utilizar un tapón para garantizar una aplicación segura y eficaz. Por ejemplo, el uso de un tapón en una tubería corrugada reduce la contrapresión en un 50 %.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD:

Si bien los tapones de baja presión están diseñados para contener la presión de forma independiente, se recomienda asegurarlos con una línea de seguridad y un cable de acero para evitar pérdidas en el futuro en caso de una desinflación inesperada.

Además, se deben considerar medidas de seguridad de respaldo para mitigar el riesgo de lesiones o daños a la propiedad en caso de una falla inesperada del enchufe.

Tapones de alta presión

DISEÑO DE TAPÓN ENROLLABLE DE ALTA PRESIÓN

El tapón está diseñado para resistir altas presiones, pero no está diseñado para contenerlas por sí solo. Se deben instalar bloqueos y soportes junto con el tapón de alta presión para garantizar su firmeza. A continuación se muestra un ejemplo de un tapón de alta presión de 42":



EXPLICACIÓN:

Los tapones de alta presión presentan una construcción más robusta con materiales más avanzados que pueden soportar presiones más altas sin deformarse. Suelen incorporar capas adicionales de dicho material para mayor resistencia, como aramida u otras fibras de alta resistencia. Por ejemplo, el kevlar es un ejemplo reconocido de fibra de aramida sintética de alta resistencia, desarrollada por DuPont en la década de 1960, que se utiliza comúnmente en chalecos antibalas, productos aeroespaciales, automotrices y otros.

Un tapón de alta presión es excepcionalmente duradero y puede soportar altas presiones, pero no está diseñado para contener la presión por sí solo. En cambio, se apoya en un sistema de soporte externo que lo mantiene firmemente en su lugar y resiste la fuerza que intenta expulsarlo. Al inflarse a la presión designada, la cámara del tapón de alta presión forma un sello hermético contra la pared de la tubería, similar a un pegamento. Sin embargo, la presión interna de la prueba ejerce una fuerza que empuja el núcleo metálico del tapón de alta presión hacia afuera, como si se exprimiera pasta de dientes de un tubo.

Por lo tanto, el refuerzo externo es crucial para mantener la posición segura del tapón bajo presión.

Consideraciones de seguridad: Inflado y medios de prueba: aire vs. agua



¿1 PSI de presión de aire equivale a 1 PSI de presión de agua?

Sí, en términos de medición de presión, 1 PSI (libra por pulgada cuadrada) de presión de aire equivale a 1 PSI de presión de agua. Sin embargo, la dinámica de estas presiones es fundamentalmente diferente:

Cuando el aire se libera repentinamente, puede ser mucho más peligroso y violento que el agua debido a algunos factores clave relacionados con su compresibilidad y comportamiento bajo presión:

1. **Compresibilidad:** El aire es altamente compresible, lo que significa que puede comprimirse en un volumen menor bajo presión y luego expandirse rápidamente al liberarse. Esta rápida expansión puede causar una explosión repentina y contundente de energía. En cambio, el agua es solo ligeramente compresible, por lo que no se expande ni se contrae tan drásticamente bajo presión.
2. **Expansión rápida:** cuando se libera repentinamente aire a alta presión, se expande rápidamente para alcanzar Presión atmosférica. Esta rápida expansión puede generar una potente onda expansiva o un efecto explosivo, creando una fuerza significativa y potencialmente peligrosa. Por ejemplo, la explosión de un tanque de aire a alta presión puede provocar una violenta explosión.
3. **Liberación de energía:** El aire comprimido almacena una cantidad significativa de energía. Cuando esta energía se libera repentinamente, puede generar una fuerza poderosa y potencialmente peligrosa. Esto se debe a que el aire, una vez liberado, intenta alcanzar rápidamente la presión atmosférica circundante, liberando una gran cantidad de energía en el proceso.
4. **Volumen:** El aire, cuando está comprimido, ocupa mucho menos volumen que a presión atmosférica. Al liberarse, de repente ocupa un volumen mucho mayor, lo que puede contribuir a un efecto dramático y violento.
5. **Velocidad del sonido:** La velocidad del sonido en el aire es relativamente alta en comparación con la velocidad de la presión. Ondas en el agua. Esto significa que los efectos de una liberación repentina de aire pueden propagarse rápidamente y con una fuerza considerable.

En general, la combinación de la compresibilidad del aire, su rápida expansión y la energía almacenada hace que su liberación repentina sea más peligrosa y potencialmente violenta en comparación con el agua, que es menos comprimible y no se expande tan drásticamente cuando se libera repentinamente la presión.

Vea la demostración en video de NAXSA: <https://www.youtube.com/watch?v=fRPwjIEr1Y>

PASO DOS: COMPRENDER LA FUERZA

Tapones de alta presión

Para garantizar la seguridad y una planificación adecuada con los tapones de alta presión, es fundamental determinar con precisión la fuerza a la que se está trabajando calculando la fuerza en libras que se ejercerá sobre el tapón. Este cálculo es crucial, ya que proporciona a la persona competente, supervisor o ingeniero certificado información vital sobre la cantidad y el tipo de material de bloqueo necesario. Una evaluación adecuada de la fuerza en libras influirá directamente en la elección de los materiales y en la seguridad general de la operación. Comprender esta fuerza y cómo sujetar un tapón de alta presión para que la soporte es esencial para elegir los materiales adecuados y garantizar la seguridad durante el trabajo.

CÁLCULO DE LIBRAS DE FUERZA:

Las libras de fuerza se pueden calcular utilizando la fórmula:

$$\text{Libras de fuerza} = \pi \times r^2 \times \text{PSI}$$

Dónde:

- π (Pi) es aproximadamente 3,14159.
- r es el radio del área donde se aplica la presión (en pulgadas).
- PSI es la presión en libras por pulgada cuadrada.

Pasos para calcular:

1. Mida el radio del área donde se aplica la presión.
2. Eleva al cuadrado el radio (r^2).
3. Multiplica el radio al cuadrado por π (Pi).
4. Multiplica el resultado por la presión en PSI.

Esto le dará la fuerza total ejercida en libras. Comprender esta fuerza es esencial para elegir los materiales adecuados y garantizar la seguridad durante el trabajo.

Examinemos varios ejemplos para demostrar cómo las variaciones en los tamaños de las tuberías y las presiones de prueba afectan la fuerza total generada.

EJEMPLO 1: TUBERÍA DE 8", PRUEBA DE 3 PSI

Para una tubería de 8 pulgadas bajo una presión de prueba de 3 PSI, las libras de fuerza ejercidas se pueden calcular de la siguiente manera:

1. **Determine el radio:** El radio r de un tubo de 8 pulgadas es de cuatro pulgadas (ya que el radio es la mitad del diámetro).
2. **Calcula el área:** $\text{Área} = \pi \times r^2 = \pi \times (4 \text{ pulg})^2 = \pi \times 16 \text{ pulg}^2 \approx 50,27 \text{ pulg}^2$
3. **Calcula las libras de fuerza:** $\text{Libras de fuerza} = \text{Área} \times \text{PSI} = 50,27 \text{ in}^2 \times 3 \text{ PSI} \approx 150,72 \text{ lbs}$

Entonces, la fuerza ejercida es de aproximadamente **150 libras**.

Esto equivale aproximadamente al peso de un estudiante de secundaria o de una motocross pequeña sobre el soporte. Esta comparación subraya la importancia de evaluar y contabilizar correctamente la fuerza para garantizar que el material y el sistema de soporte sean adecuados y seguros.



EJEMPLO 2: TUBERÍA DE 36", PRUEBA DE 3 PSI

Para una tubería de 36 pulgadas bajo una presión de prueba de 3 PSI:

1. **Determine el radio:** El radio r de una tubería de 36 pulgadas es 18 pulgadas.
2. **Calcula el área:** $\text{Área} = \pi \times r^2 = \pi \times (18 \text{ pulg.})^2 = \pi \times 324 \text{ pulg.}^2 \approx 1.018,60 \text{ pulg.}^2$
3. **Calcula las libras de fuerza:** Libras de fuerza = $\text{Área} \times \text{PSI} = 1018,60 \text{ in}^2 \times 3 \text{ PSI} \approx 3052,08 \text{ lbs}$

Entonces, la fuerza ejercida es de aproximadamente **3.052 libras**.

Esto le dará la fuerza equivale aproximadamente al peso de un Toyota Corolla 2024 sobre el soporte. Si bien se trata de una fuerza considerable, la madera puede ser adecuada para soportar esta carga, dependiendo del tipo de madera y su estado.

Sin embargo, es fundamental evaluar la resistencia de la madera y del sistema de arriostramiento para garantizar la seguridad. En caso de duda, se recomienda consultar a un ingeniero estructural o utilizar materiales más robustos.



EJEMPLO 3: TUBERÍA DE 36", PRUEBA DE 13 PSI

Para una tubería de 36 pulgadas bajo una presión de prueba de 13 PSI, las libras de fuerza ejercidas se calculan de la siguiente manera:

1. **Determine el radio:** El radio r de una tubería de 36 pulgadas es 18 pulgadas.
2. **Calcula el área:** $\text{Área} = \pi \times r^2 = \pi \times (18 \text{ pulg.})^2 = \pi \times 324 \text{ pulg.}^2 \approx 1.018,60 \text{ pulg.}^2$
3. **Calcula las libras de fuerza:** Libras de fuerza = $\text{Área} \times \text{PSI} = 1018,60 \text{ in}^2 \times 13 \text{ PSI} \approx 13.225 \text{ lbs}$

Entonces, la fuerza ejercida es de aproximadamente **13.225 libras**.

Esto equivale aproximadamente a un elefante africano macho adulto de 10 pies de altura parado sobre su soporte. Dada la magnitud de esta fuerza, es poco probable que la madera por sí sola sea suficiente para apuntalar. Se requeriría un soporte de grado de ingeniería para soportar esta fuerza de forma segura.

EJEMPLO 4: TUBERÍA DE 36", PRUEBA DE 150 PSI

Para una tubería de 36 pulgadas bajo una presión de prueba de 150 PSI:

1. **Calcula las libras de fuerza:** Libras de fuerza = $\text{Área} \times \text{PSI} = 1018,60 \text{ in}^2 \times 150 \text{ PSI} \approx 152.604 \text{ lbs}$

Entonces, la fuerza ejercida es de aproximadamente **152.604 libras**.

Esta fuerza es comparable al peso combinado de 12 elefantes africanos o aproximadamente ocho autobuses escolares. Una carga tan inmensa subraya la necesidad de sistemas de soporte robustos y de ingeniería profesional para garantizar la seguridad y la integridad estructural.



PASO TRES: INSTALACIÓN DEL ENCHUFE

El usuario final debe elaborar un plan de instalación de enchufes específico para cada instalación debido a las innumerables variables del lugar de trabajo que varían de un trabajo a otro.

A continuación, se muestra una lista de verificación paso a paso que puede ayudar al usuario final en el uso y la instalación adecuados de un tapón en una tubería:

1. **Verifique el rango de uso del tapón con el diámetro interior de la tubería:** Verifique que el tapón sea adecuado para el diámetro interior (DI) de la tubería. El tapón debe encajar firmemente en la tubería para garantizar un sellado adecuado.
2. **Verifique la longitud del tapón con la longitud de la tubería:** asegúrese de que la longitud del tapón coincida con la longitud de la tubería. Disponible. El tapón no debe ser ni demasiado corto ni demasiado largo para la tubería.
3. **Prepare la tubería:**
 - Asegúrese de que la tubería esté en buenas condiciones: limpia, seca y libre de bordes afilados o aberturas.
 - La tubería debe limpiarse a fondo para eliminar cualquier residuo, óxido o contaminante que pueda afectar el sello.
4. **Inspeccione el enchufe y los accesorios:**
 - Asegúrese de que el enchufe y todos los accesorios estén en buenas condiciones y hayan sido probados.
 - Compruebe si hay signos de desgaste, daños o defectos.
5. **Inserte el enchufe:**
 - Introduzca completamente el tapón en la tubería, asegurándose de que esté posicionado correctamente.
 - Si es necesario, instale algún soporte previo para mantener el tapón en su lugar temporalmente.
6. **Infle el tapón:**

Infle el tapón a la presión requerida, según lo especificado para su aplicación. Asegúrese de que se infle uniformemente y mantenga un sello hermético contra la pared de la tubería, y que no se mueva ni se deforme durante el inflado.
7. **Bloquear, sujetar, restringir:**
 - Implementar medidas de bloqueo, soporte y restricción para asegurar el tapón en su lugar y resistir cualquier fuerza que lo empuje hacia afuera.
 - Asegúrese de que el sistema de arriostamiento esté diseñado e instalado de acuerdo con las pautas de seguridad y que Mantiene el enchufe en su posición de manera efectiva.



PAUTAS DE APOYO:

1. **Múltiples puntos de contacto:** Asegúrese de que el sistema de soporte tenga múltiples puntos de contacto con el tapón. Todos los puntos de contacto deben estar equidistantes del tapón para garantizar una distribución uniforme de la fuerza.
2. **Estabilidad:** El enchufe debe permanecer completamente estacionario, sin permitir ningún movimiento, ni siquiera de ¼ de pulgada. Esto es crucial para mantener un sellado seguro y eficaz.
3. **Diseño e ingeniería:** El diseño del sistema de arriostamiento debe ser determinado por un profesional experimentado.

Es fundamental que un ingeniero certificado revise y valide el diseño para garantizar que cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento.

4. **Adecuación del material:** seleccione materiales que sean adecuados para las libras de fuerza calculadas. Considere factores como:

- Metal vs. Madera: evalúa si el metal o la madera es más apropiado según la carga requisitos y condiciones ambientales.
- Grosor: Asegúrese de que los materiales sean lo suficientemente gruesos para soportar la fuerza sin deformarse ni falla.
- Grado y origen: elija los materiales según su grado y país de origen, ya que estos pueden afectar la resistencia y la durabilidad.

5. **Margen de seguridad:** Es importante considerar un margen de seguridad. El arriostamiento debe estar diseñado para soportar cargas muy superiores a la fuerza calculada, a fin de contemplar tensiones o debilidades inesperadas.

6. **Consultoría:** Existen firmas de ingeniería que se especializan en brindar consultoría para el diseño de estructuras.

Trabajar con estos profesionales puede ayudarle a construir un sistema de soporte sólido y confiable adaptado a sus necesidades específicas.



**STAY CLEAR OF THE DANGER ZONE
BRACE/BLOCK PLUG BEFORE USE**

REFER TO INCLUDED SAFETY INSTRUCTIONS FOR DETAIL



First Attempt (failed)



Second Attempt (passed)

PASO CUATRO: PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Normalmente, estas pruebas involucran tanto el lado de alta como el de baja. La tubería de prueba debe llenarse y probarse desde el lado de baja, mientras que el aire se purga desde el lado de alta.

La mayoría de los tapones de alta presión cuentan con dos puertos pasantes: un tubo/puerto desplazado más pequeño de $\frac{3}{4}$ " y un puerto más grande de 2" ubicado en el centro del tapón.

El tapón del lado de alta presión siempre debe instalarse con la tubería de derivación descentrada de $\frac{3}{4}$ " en la posición "APEX" o de las 12 en punto, con una manguera de purga y una válvula. Esta configuración permite expulsar la máxima cantidad de aire de la tubería antes de realizar la prueba, ya que el aire atrapado puede comprometer la precisión de la misma.

Para realizar la prueba:

1. **Llene la tubería:** utilice el puerto central para llenar la tubería hasta que esté completamente llena.
2. **Presurizar:** Una vez que la tubería esté llena, utilice la bomba de prueba hidrostática conectada al puerto de $\frac{3}{4}$ " para presurizar el área de prueba.

Este proceso garantiza que la prueba se realice con precisión y sin interferencias de aire atrapado.

Permita la ventilación: Debe permitir que el aire regrese a la tubería al drenar el agua. De lo contrario, se puede crear un efecto de vacío que empuje el tapón hacia la tubería, lo que podría dañar el marco del tapón de prueba o la vejiga.

Evite la formación de vacío: Al drenar el agua del área de prueba, mantenga abiertos los puertos del lado de alta para permitir la entrada de aire. Además, abra las válvulas del tapón del lado de baja. Esto evita la formación de vacío que podría comprometer la integridad del tapón y la configuración de prueba.

Drenaje y desinflado: Una vez que el área de prueba esté completamente drenada y no haya fugas de agua por los puertos de alta presión, puede proceder a desinflar los tapones. Asegúrese de que no haya presión residual ni presión de prueba detrás de los tapones antes de desinflarlos.

Retire los soportes y tapones de forma segura: Desinfe los tapones mientras los sistemas o estructuras de bloqueo y soporte estén instalados para garantizar la seguridad de sus trabajadores y tripulación. Después de desinflar, retire la estructura de bloqueo/soporte y luego los tapones.

NOTA DEL AUTOR:

Seleccionar un tapón de tubería sin conocer previamente el tamaño de la tubería y la presión de prueba es comparable a elegir un apuntalamiento sin evaluar el ancho de la zanja ni el tipo de suelo. Este descuido aumenta el riesgo de fallas, daños al equipo o consecuencias más graves.

Además, proporcionar un tapón de prueba de alta presión sin asegurarse de que los usuarios finales comprendan las diferencias de diseño entre los tapones de baja y alta presión puede tener consecuencias desastrosas. Es fundamental recopilar toda la información pertinente y asegurar que los usuarios finales estén completamente informados para prevenir problemas y garantizar el uso seguro y eficaz del equipo.

Si hay una única conclusión que sacar de este artículo sobre el uso de tapones de prueba de alta presión sería la siguiente:

¡EL APOYO ES CLAVE!



Tapón de prueba de alta presión de 66" configurado para inflado y prueba mediante hidro bomba



Tapón de prueba de alta presión de 66" configurado para llenado mediante bomba de agua (no se muestra en la imagen) e inflado y prueba mediante hidro bomba

Aviso legal: Este documento no proporciona ni aborda toda la información, leyes, normas, reglamentos, códigos, requisitos ni procedimientos de seguridad aplicables a excavaciones, protección de zanjas y opciones de apuntalamiento. Los lectores deben cumplir con todas estas medidas.



SCAN THE QR CODE NOW FOR MORE ISSUES OF TIPS FROM THE TRENCH