

MANUAL DE VIBRADORES NEUMÁTICOS

ÍNDICE

N° CAPITULO	TEMA	Página
1	INFORMACIÓN GENERAL	2
2	REQUERIMIENTOS NEUMÁTICOS	6
3	MONTAJE	12
4	SELECCIÓN DEL VIBRADOR	20
6	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	26
7	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	35
8	LISTADO DE PARTES	43
10	TERMINOLOGÍA	46

1. Información general de vibradores neumáticos externos

1.1. Introducción

Este manual contiene información de los dos principales tipos de vibradores:

- **Vibradores Rotativos (de balines, rodillos y turbina)**
- **Vibradores lineales de pistón.**

Reseña histórica...

Hoy todavía en algunas regiones del mundo, al igual que siglos atrás, el uso de los mangos de hierro marcadores sigue siendo bastante común como herramienta usada para agitar y desairar el concreto vaciado a las formaletas. De manera similar, la porra es la herramienta usada para golpear las tolvas y garantizar la fluidez del material.

La primera aplicación de vibración “mecanizada” conocida fue la zaranda para separar la cascara del grano de maíz. Este fue la primera aplicación vibratoria industrial, es decir, el primer elemento vibratorio movido por energía no humana como agua y viento.

Los vibradores neumáticos fueron inventados a principios del siglo XX, a manera de los vibradores de pistón lineales o los martillos neumáticos. Solamente años después apareció el vibrador rotativo simple con balines o rodillos rotando en una canastilla circular. Por décadas, este diseño no ha cambiado. El cuerpo fue y aun está hecho de muchas clases de fundición de hierro y la superficie exterior no es maquinada.

A finales de los sesenta, se desarrollaron los primeros experimentos con cuerpos de aluminio. El aluminio es muy fácil y limpio para maquinar, sin la incómoda limadura de hierro que cubre los equipos y ensucia las manos del operario. El aluminio tiene la fortaleza necesaria pero no es demasiado duro y se deja modelar. Puede ser cubierto con pintura, lo que permite la creación de modernos diseños industriales. Para aplicaciones en ambientes especiales como instalaciones farmacéuticas, el cuerpo del vibrador se fabrica en acero inoxidable.

Hoy en día, una gran variedad de trabajos se hace con vibradores. Las principales aplicaciones son el vaciado de silos y tolvas, zarandeo de materiales y agitación del concreto así como los alimentadores de arena, arcilla, o cualquier variedad de polvo o de pequeñas partes como por ejemplo tornillos. La vibración es también usada en la industria electrónica para detectar soldaduras abiertas en los circuitos de tarjetas impresas.

Aplicaciones de chorro de aire son usadas en silos y tolvas para aflojar materiales espesos. La mayoría de nuestros agentes y representantes venden agitadores de aire como también vibradores, ya que resultan complementarios los unos con los otros.

1.1.1. Clasificación de los vibradores

Los vibradores pueden ser clasificados en general, de acuerdo con el tipo de energía que usan y la tecnología de vibración que emplean.

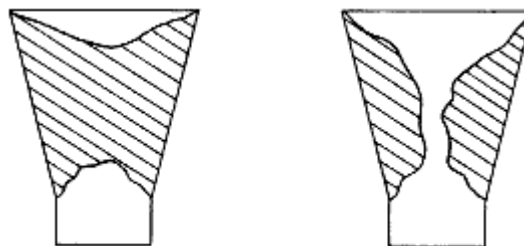
Tipo de Energía	Tecnología
Eléctrica	Rotativa / Lineal / Magnética
Neumática	Rotativa / Lineal
Hidráulica	Rotativa

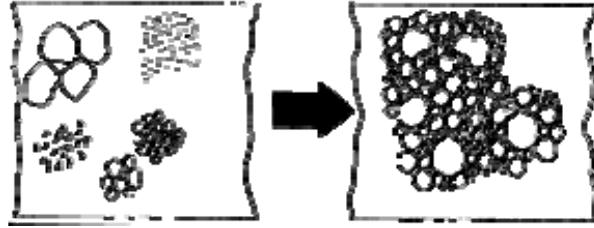
1.2. Información Básica de los Vibradores Neumáticos

1.2.1. Para que son buenos estos vibradores?

Como se comentó anteriormente, con la ayuda de vibración cualquier clase de material espeso puede ser alimentado, compactado o separado. En la mayoría de los casos la vibración ayuda a la fuerza de la gravedad. Por ejemplo, el material a granel puede "colgar" y pegarse en una compuerta debido a la humedad. La vibración puede soltar el material y después la fuerza de gravedad seguirá impulsando el material a través de la compuerta. Otra aplicación para vibradores es su uso con el concreto. Vibrar el concreto quiere decir sacudir las partículas de grava y arena de modo que adquieran el volumen más compacto posible, sin espacio disponible para el aire. La gravedad ayuda al principio en la compresión pero la vibración lo apoya y mejora muchísimo.

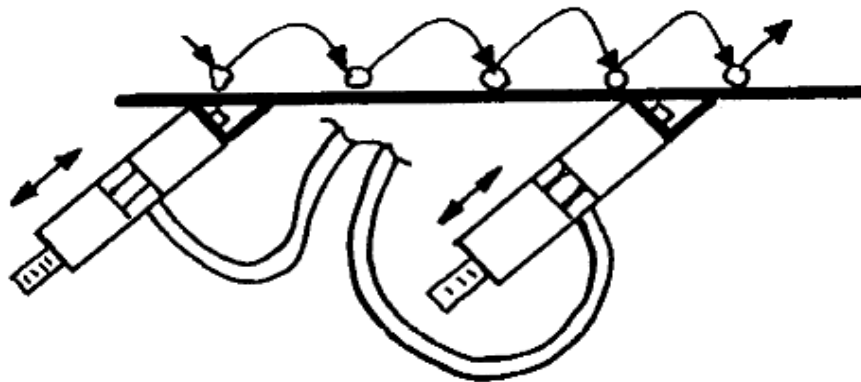
En ambos casos, la vibración reducirá la fricción del material.





Compactación del concreto

La vibración no necesariamente refuerza la gravedad. La vibración hace saltar al material y la gravedad lo obliga a caer al canal o ducto. Con la ayuda de vibradores lineales, la dirección del material que salta puede ser definida, y ajustando la amplitud, la altura del salto puede ser variada. Cuando el ducto corre hacia abajo, los vibradores rotativos también pueden ser usados.



Alimentador de material

1.2.2. Información Básica

Tenga en cuenta una de las cosas más importantes para conocer cuando se escoge cualquier clase de vibradores: Usted puede certeramente calcular la frecuencia natural de los materiales, silos, canales, pero en realidad sus resultados nunca serán exactamente como se calcularon.

Hay tablas y formas de calcular para seleccionar y colocar los vibradores con respecto a un amplio rango de fuerza y frecuencia. Sin embargo, el ajuste fino, o sea el óptimo se logra con ensayo y error. Ingenieros del ramo con buena experiencia pueden inmediatamente seleccionar el mejor tipo de vibrador, como también el mejor sitio para instalarlo.

Hay una serie de reglas y tablas para seguir en la selección del tipo de vibrador optimo.

Para facilitar el ajuste óptimo del vibrador, se recomienda que se instale un regulador o una válvula de aguja en la línea de presión de aire para que el caudal y la presión neumática puedan ser controlados.

Encontrar la frecuencia natural del material que va a ser alimentado, compactado o separado, es el mejor camino para sintonizar o ajustar el vibrador.

El rango de frecuencia operativo de los vibradores neumáticos es de 2000 a más de 20,000 rpm o de 35 a 350 Hz. Los valores dados en la ficha técnica fueron obtenidos cuando el vibrador está instalado en un bloque pesado en el laboratorio, y con el vibrador sin trabajar, es decir, con

amplitud cero pero con una velocidad de frecuencia 2 o 3 veces mayor que cuando se instala en un equipo.

A menudo, la frecuencia natural del material excede el rango de frecuencia del vibrador. Entonces, es necesario usar un vibrador de mayor potencia para ejecutar el trabajo.

No es necesario que el vibrador trabaje a plena potencia para mejor desempeño. Se recomienda que opere el vibrador al 75 % de su potencia máxima y así, si pierde potencia con el tiempo debido al desgaste, envejecimiento, etc., la frecuencia pueda ser incrementada para compensar la pérdida.

NOTA:

Los vibradores rotativos y lineales no deben ser operados con presiones de trabajo de más de 7 bar (100 PSI).

2. Requerimientos neumáticos

2.1. Consumo de Aire y compresores de Aire

El consumo de aire, especialmente el promedio de consumo de aire del sistema de vibración, es la base para calcular el tamaño del compresor que se necesitará.

En la tabla siguiente se da el consumo de aire para los vibradores, en litros por minuto a una presión de operación de 2 y de 6 bares. Los valores pueden variar alrededor de un 10% debido a las tolerancias de fábrica.

Fig. 2.1. Consumo de Aire [litros por minuto] de los vibradores Powtek.

Tipo	2 bar	6 bar	*	Tipo	2 bar	6 bar	*	Tipo	2 bar	6 bar
K-8	83	195	*	R-50	100	195	*	DAR-2	70	200
K-10	92	200	*	R-65	200	400	*	DAR-3	100	300
K-13	94	225	*	R-80	290	570	*	DAR-4	120	360
K-16	122	280	*	R-100	370	730	*	DAR-5	130	390
K-20	130	340	*	R-120	500	970	*	DAR-6	170	470
K-25	160	425	*	.	.	.	*	DAR-7	180	500
K-30	215	570	*	.	.	.	*	.	.	.
K-36	260	675	*	.	.	.	*	.	.	.

Tipo	2 bar	6 bar	*	Tipo	2 bar	6 bar	*	Tipo	2 bar	6 bar
GT-4/6	33	83	*	T-50-LP	70	165	*	FP-12-S	1	25
GT-8/10	46	112	*	T-50-HP	80	190	*	FP-12-M	1	20
GT-13/16	120	390	*	T-65-LP	90	240	*	FP-12-L	1	20
GT-20/25	185	455	*	T-65-HP	110	290	*	FP-18-S	5	57
GT-30/36	330	745	*	T-80-LP	150	290	*	FP-18-M	4	25
GT-40/48	425	970	*	T-80-HP	150	390	*	FP-18-L	5	46
.	.	.	*	T-100-HP	200	390	*	FP-25-S	13	93
.	.	.	.	.	.	.	.	FP-25-M	23	87
.	.	.	.	.	.	.	.	FP-25-L	18	93
.	.	.	.	.	.	.	.	FP-35-S	23	162
.	.	.	.	.	.	.	.	FP-35-M	24	141
.	.	.	.	.	.	.	.	FP-35-L	38	135

2.1.1. Calculo del promedio de consumo de aire

FORMULAS	1. Consumo de aire acorde con la tabla 2.1.: CONS. = litros / minuto
	2. Factor de Operación (On/Off) x 100%. : OPF = %
	3. Consumo Promedio de Aire = CONS x OPF : ACON = . litros / minute
	4. Total de Consumo Promedio= ACON x NUMERO DE UNIDADES A ALIMENTAR

Para obtener el promedio de consume de aire de varios vibradores y /o los consumos de aire de los equipos conectados a la misma línea de aire comprimido, multiplique el promedio de consumo unitario por el número de unidades si el consumo es el mismo. Si el consumo no es el mismo, haga el cálculo para cada unidad en forma separada y sume los resultados.

Para determinar el tamaño del compresor requerido, se recomienda agregar un 20% como un factor de seguridad de la demanda calculada arriba, debido a que los valores dados pueden variar. También, si existen fugas o instalaciones adicionales, se requerirá un compresor más grande. Piense en potencia extra para futuras instalaciones que se lleguen a necesitar.

Para terminar de definir el tamaño del compresor, es necesario utilizar otro parámetro. Es el mayor consumo a cualquier tiempo dado. Este parámetro puede ser estimado tomando el consumo de aire total para todas las unidades que pueden estar en operación al mismo tiempo en esta duración de período:

$$\begin{aligned} \text{Mayor Consumo de Aire} &= \text{Número de unidades} \times \text{CONS para minutos} \\ &= \text{..... litros / minuto durante minutos} \end{aligned}$$

Tanto el mayor consumo de aire como el promedio de consumo del sistema, deben ser tenidos en cuenta para determinar el compresor apropiado.

2.2. Lubricación

Seco o no seco? Esta es una importante pregunta. El comentario general dice que la lubricación siempre incrementa la vida útil de las partes en movimiento porque reduce la fricción. Pero, lubricar vibradores de bolas es una pérdida de lubricante porque no se ve un incremento notorio en su vida útil, pero en el caso de los de turbina T, si se trabaja seco los rodamientos fallarán rápidamente.

Gracias a materiales especiales y tratamientos, (teflón, recubrimientos, etc), la fricción de operación puede ser minimizada y así los vibradores de pistón (serie FP) y vibradores DAR tienen muy buenas propiedades para operar en condiciones adversas. Pero, después del tiempo, la lubricación comienza a ser necesaria para contrarrestar el desgaste..

La pregunta de cuantas gotas de aceite por minuto resultan suficientes o cuantas pueden resultar demasiadas, no puede ser contestada en forma general. Es posible que un compresor recíprocante o de pistón suministre suficiente aceite a la línea y entonces el uso de un lubricador no sea necesario. Desafortunadamente, el mismo tipo de compresor puede suministrar demasiado aceite a la línea si el desgaste de su maquinaria es muy grande. Esto causa a la serie DAR una disminución en la frecuencia y fuerza debido al espesamiento del aceite. Adicionalmente, los compresores que se instalan con secador de aire requerirán un lubricador en línea para alargar la vida útil de los vibradores de turbina T, los DAR y los FP .

IMPORTANTE: Para lubricar los vibradores Powtek use aceite con viscosidad: ISO VG 5 con 5cSt/40°C (5 centistokes o aprox. 42.4 Susec o 5 cm² seg²)

El aceite necesita que no se espese. Algunos tipos de aceites recomendados son:

- Shell Tellus Oil C5
- Esso Nuto H5
- Mobil Velocite No.4
- BP Energol HP 5
- Para la industria alimenticia: Mobil Whiterex 304 (de base vegetal)

NOTA: Un aceite con una viscosidad diferente a la recomendada puede reducir la frecuencia y potencia del vibrador! Solamente para el caso de los vibradores de pistón FP, se puede usar agua destilada en lugar de aceite obteniendo los mismos efectos de lubricación. Ajuste el lubricador en 10 gotas por minuto como mínimo.

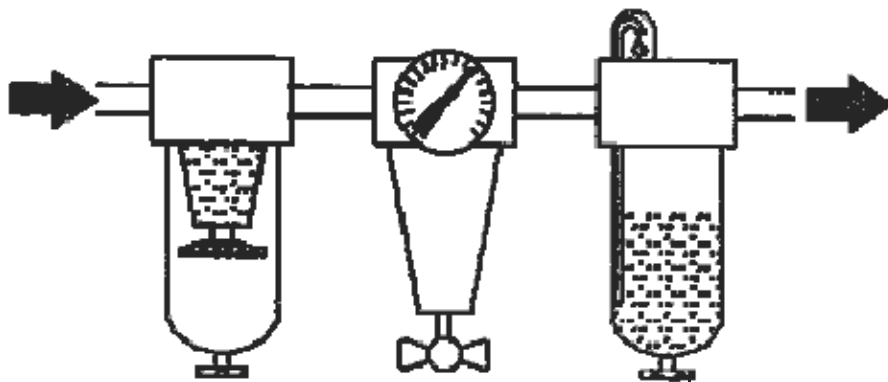
Como lubricadores en línea, los lubricadores “de alimentación por goteo” resultan mejores que los “lubricadores por capilaridad”. Revise el silenciador para detectar residuos de aceite y ajuste el lubricador al mínimo pero no del todo para que siga lubricando. Demasiada lubricación dejará a los pistones y rodamientos con adherencias y esto debe ser entonces evitado.

2.3. Filtros de aire y reguladores de presión.

Todos los compresores de aire están equipados con filtros para proteger las válvulas del compresor. El aire comprimido sale lo suficientemente limpio para ser usado en todos nuestros compresores rotativos. Sin embargo, pequeñas partículas de polvo serán empujadas al interior de la línea y por eso recomendamos fuertemente que se use un filtro en la línea de aire de 5 micrometros o menos. Esto ayudará a prolongar la vida útil de vibrador.

NOTA: Para los vibradores de pistón FP, el uso del filtro de 5 micrómetros es fuertemente recomendado debido a la pequeña tolerancia que existe entre el pistón y la camisa.

El filtro de aire debe ser instalado lo más cerca al vibrador para retener partículas de óxido provenientes de la tubería de aire que se conecta al vibrador. Es sugerido conectar en el orden de la línea el filtro, regulador y lubricador como se muestra a continuación.



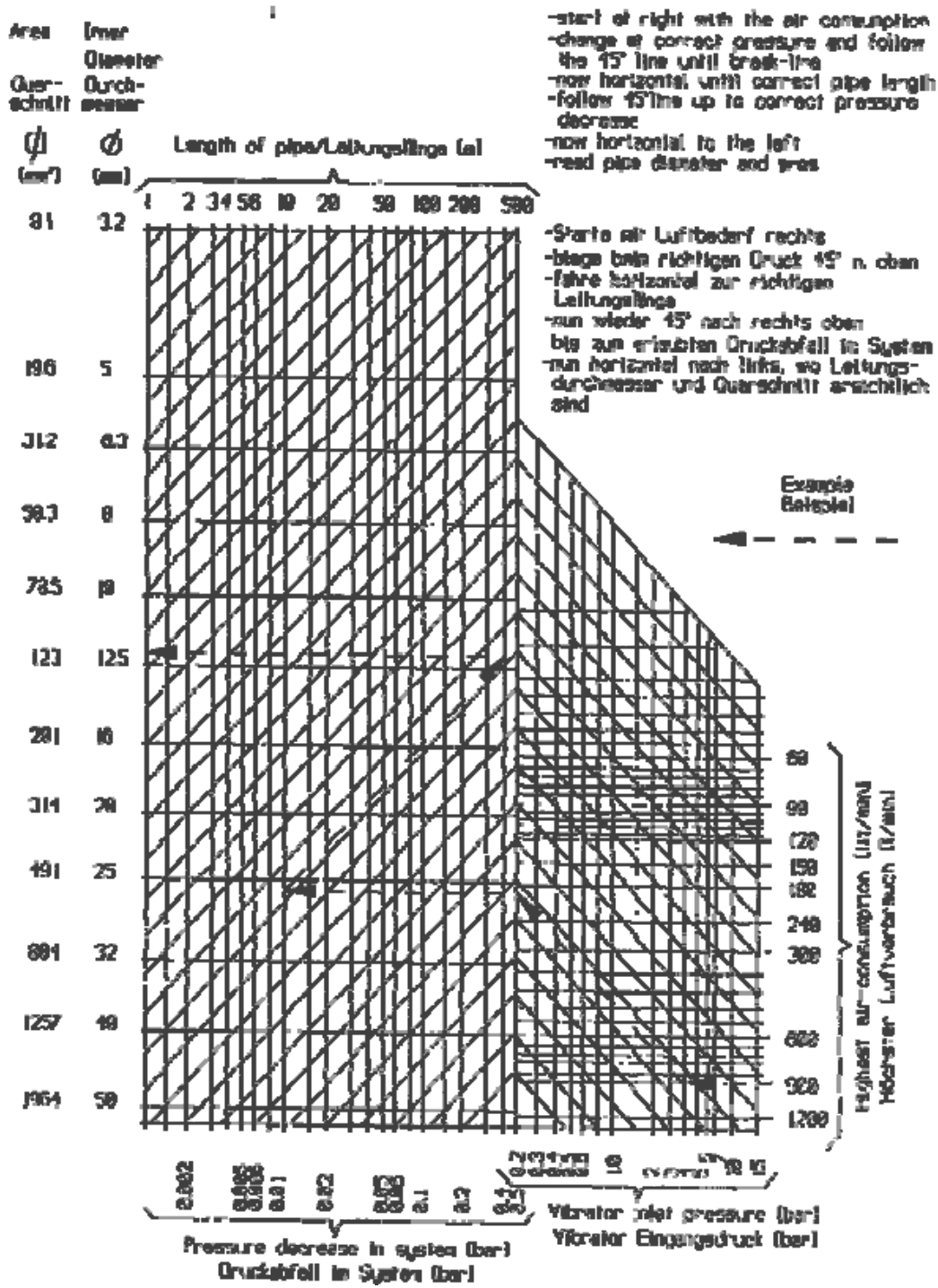
Instalación correcta: Filtro, después regulador y por último lubricador.

2.4. Tubería de presión de Aire.

Por supuesto que es posible ajustar el vibrador aumentando o disminuyendo la presión o el volumen de aire. Sin embargo la tubería de suministro y de desfogue de aire debe estar correctamente dimensionada. Si el radio de estas tuberías es demasiado pequeño, el vibrador no será capaz de alcanzar su plena potencia.

La línea de desfogue debe ser lo más corta posible debido a que el volumen de aire de desfogue (aire expandido) es muchas veces mayor que el aire presurizado.

La formula respectiva es: $V(\text{in}) \times P(\text{in}) = V(\text{out}) \times P(\text{out})$ donde P es la presión absoluta y no solamente la sobre presión. Entonces, se puede demostrar fácilmente que cuando se trabaja un vibrador a 6 bar (de sobrepresión) el volumen del aire del desfogue es 6 veces mayor que el volumen de la entrada de aire.



Gráfica para determinar el diámetro y área de la tubería de aire.

Una tubería de desfogue de aire que sea demasiado larga o demasiado corta impedirá el movimiento del aire y entonces toda la presión de aire no podrá ser transformada por el vibrador en energía vibratoria.

El uso de un silenciador instalado directamente en el desfogue del aire del vibrador es la mejor

forma de ganar la mayor cantidad de potencia posible. Al igual que la importancia de resolver la pregunta de cuál debe ser el diámetro correcto de la tubería, la gráfica de arriba también puede ser usada para determinar la válvula requerida.

EJEMPLO El consumo de aire es de 900 litros por minuto a una presión de 4 bares. El largo de la tubería de aire es de 10 metros. Comience al lado derecho de la gráfica con 900 y vaya hacia la izquierda a encontrar la línea de 4 bar. Ahora siga 45° arriba hasta donde se corta la línea. Entonces vaya en línea recta a la izquierda hasta encontrar la línea de 10 metros y luego 45 grados arriba hacia la derecha hasta la línea deseada de máxima pérdida de presión permitida en el sistema. El diámetro interior y el área pueden ser ahora vistos en el eje de la izquierda.

NOTA: La pérdida de presión en la tubería no debería ser mayor a 0.5 bar; Sin embargo, no piense en disminuir este valor demasiado porque esto incrementará el diámetro y el costo de la tubería requerida. Un valor entre 0.1 y 0.5 bar estará bien.

El tamaño requerido para la tubería de desfogue puede ser calculado de la misma forma. Use las líneas de entrada de presión de aire pero en lugar del valor de la presión de entrada use presión de desfogue que debe estar alrededor de 0.2 a 0.5 bar.

2.5. Válvulas de Aire y Reguladores de Presión.

2.5.1. Reguladores de Presión

Con la ayuda de un regulador de presión (una válvula de aguja por ejemplo), el vibrador puede ser ajustado a las mejores condiciones de trabajo. El ajuste del volumen de caudal de aire influye en la frecuencia de vibración y en la energía vibratoria.

Para mejores resultados, nosotros recomendamos instalar el regulador de presión entre el filtro del aire y el lubricador.

2.5.2. Válvulas de aire

Para algunas aplicaciones como el vaciado de silos y tolvas es sugerible el uso del vibrador en forma intermitente. Para hacerlo, instale una válvula de solenoide después del lubricador. No ponga la válvula de solenoide en la línea antes del regulador y del lubricador porque entonces el regulador tendrá que reiniciarse cada vez y el aire comprimido a la presión de trabajo no estará disponible inmediatamente. Esto puede causar un mal funcionamiento del vibrador. Es también recomendable que la válvula quede instalada lo más cercana al vibrador.

NOTA: No instale los soportes de filtros de aire, reguladores de presión, lubricadores, etc en una base que vibre. Esto causaría malfuncionamiento en los equipos.

ADVERTENCIA: Asegúrese de que el diámetro de entrada de las válvulas sea lo más grande posible. (Vea el diagrama superior para determinar el diámetro y área de la tubería.) De lo contrario, el vibrador no entregará la plena energía de vibración, y el pistón del vibrador podrá eventualmente tener dificultades para arrancar de manera adecuada.

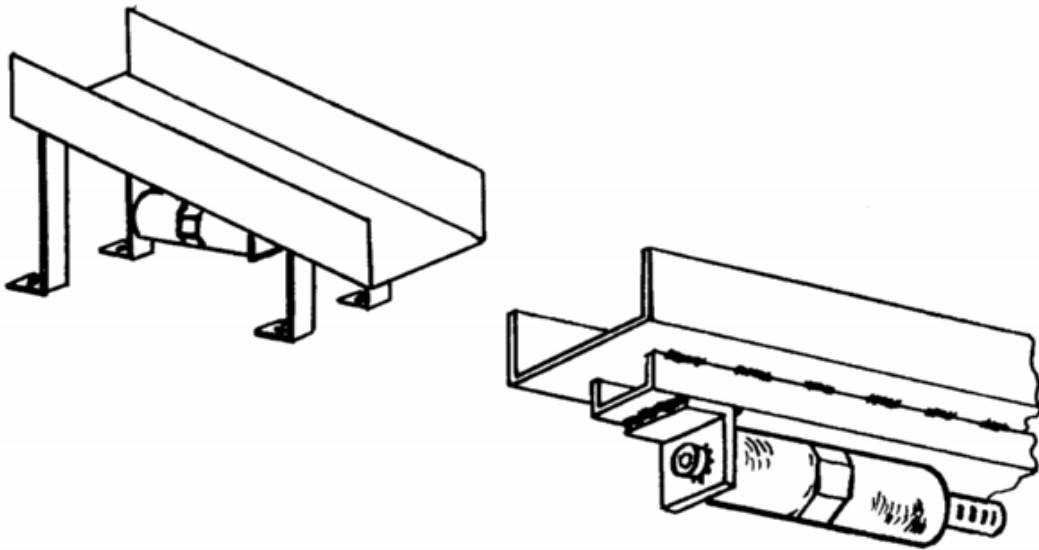
Es posible que el pistón del vibrador no arranque cuando se abre una válvula manual porque para una adecuada arrancada el pistón necesita que se le suministre toda la presión desde el comienzo. Cuando utilice una válvula manual, trate de abrirla lo más rápido posible, aunque lo mejor es que la cambie por una válvula de solenoide.

3. Donde y como instalar el vibrador

3.1. Vibradores lineales de Pistón

Estos vibradores son usados principalmente en aplicaciones con alimentadores. Las formas más comunes de alimentador son ductos de canales y tolvas con ductos en espiral. Los vibradores de pistón no están recomendados para vaciar silos y tolvas ya que la energía de impacto que producen mueve las paredes de los bins atrás y adelante lo cual puede causar problemas de abastecimiento de aceite lubricante ya que se necesita de mayor fuerza para hacer que el material fluya. El impacto y la fuerza pueden causar daños estructurales en el silo también. Las series FP son vibradores de no- impacto.

3.1.1. Ductos

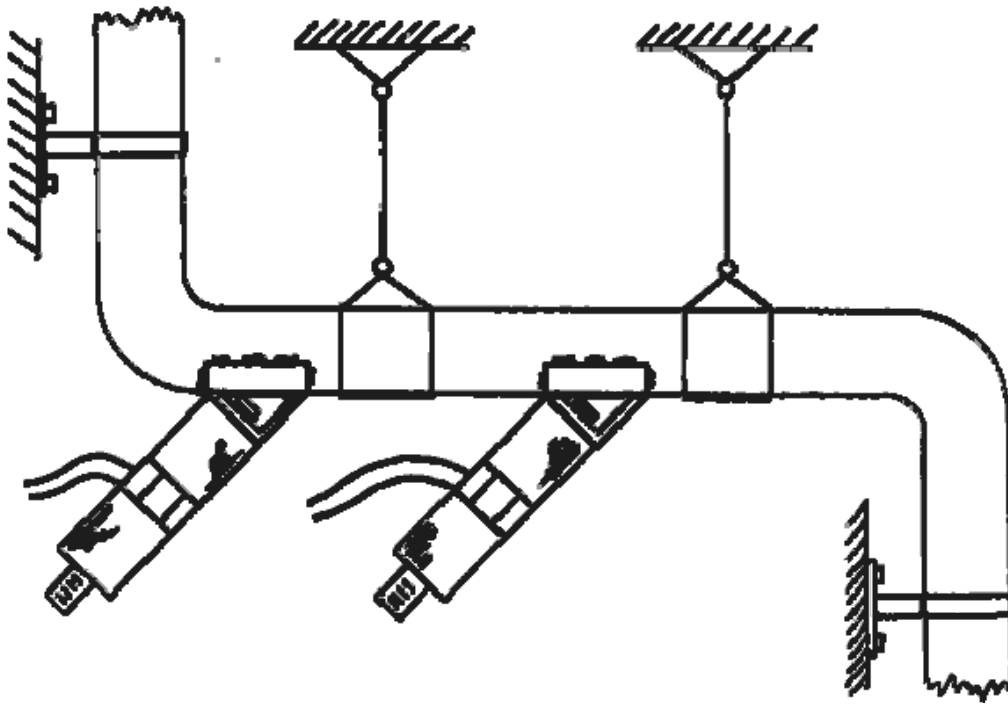


Ductos

La alimentación de materiales en ductos consiste principalmente en ayudarlo a la fuerza de gravedad natural, ya que los ductos, en muchos casos están montados con una inclinación descendiente. Para permitirle al vibrador funcionar adecuadamente, el ducto debe estar suspendido en resortes de aros metálicos, resortes de fibra o en elementos de caucho. La dirección de la vibración debe ser solamente horizontal.

Asegúrese que el vibrador este montado firmemente en el ducto. Si la base del ducto no es lo suficientemente firme, el vibrador debe ser entonces montado en una canal de fijación o en una chapa de hierro en U, instalada a todo lo largo del ducto.

3.1.2. Canales y tubos



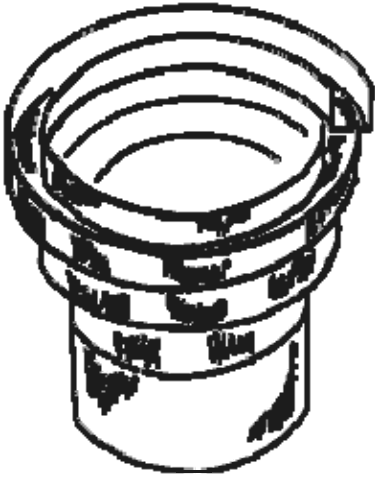
Canal

Las canales y los tubos como los mostrados arriba son usados para alimentar materiales finos como polvo químico, harina o azúcar, entre los silos y las máquinas de producción. La ventaja es que el material no está en contacto con ninguno otro diferente a la canal, la cual puede ser hecha de material resistente a los químicos. Esto satisface las regulaciones que exigen total limpieza y cero contaminación en la industria farmacéutica.

Los vibradores están montados en un ángulo de 45° lo cual causa que el material en polvo avance. Si es necesario se pueden instalar almas transversales en la canal para que así cada salto hacia adelante no junte producto que obstaculice el alimentador.

Es importante asegurar que la canal esté firme pero no montada muy rígidamente. Es posible usar varios vibradores de pistón en línea si la canal es muy larga. Pero ellos deben ser del mismo tipo y modelo para que puedan operar en forma sincronizada a la misma frecuencia y fase, asumiendo que la canal está firme. La canal puede servir por sí misma de base soldándole pequeñas secciones de canal de una pared gruesa y pesada en el exterior. Por favor recuerde que debe dejar libres sin soldar, una distancia de al menos 3mm de las puntas de la canal o tubo.

3.1.3. Alimentadores de ducto en espiral.



Alimentador de ducto en espiral

Los alimentadores de ducto en espiral son usados siempre que se necesite alimentar pequeñas y compactas partes en forma automática a las máquinas. Esto incluye a menudo un sistema de posicionamiento de las partes en cierto sentido cuando ellas entren a la máquina.

Normalmente, los alimentadores de tolva de ducto en espiral están movidos por vibradores eléctricos, rotativos o electromagnéticos. Los vibradores neumáticos de pistón tienen una ventaja cuando se trata de ahorrar espacio manteniendo una alta potencia de vibración.

El ducto en espiral debe ser montado en resortes de aros metálicos o en elementos de caucho. Se debe montar dos vibradores en forma opuesta para obtener un eje vertical. El ángulo exacto de montaje de los vibradores debe ser obtenido mediante pruebas de ensayo, pero un ángulo de 45° con respecto a la línea base del ducto resulta normalmente una buena medida.

3.2. Vibradores Rotatorios

Los vibradores rotatorios generan una vibración ondulatoria. Este tipo de vibrador resulta mucho más eficiente para hacer entrar en resonancia los materiales, que los vibradores lineales. La frecuencia de un vibrador rotatorio puede ser ajustada en un amplio rango por medio de un regulador de flujo de aire.

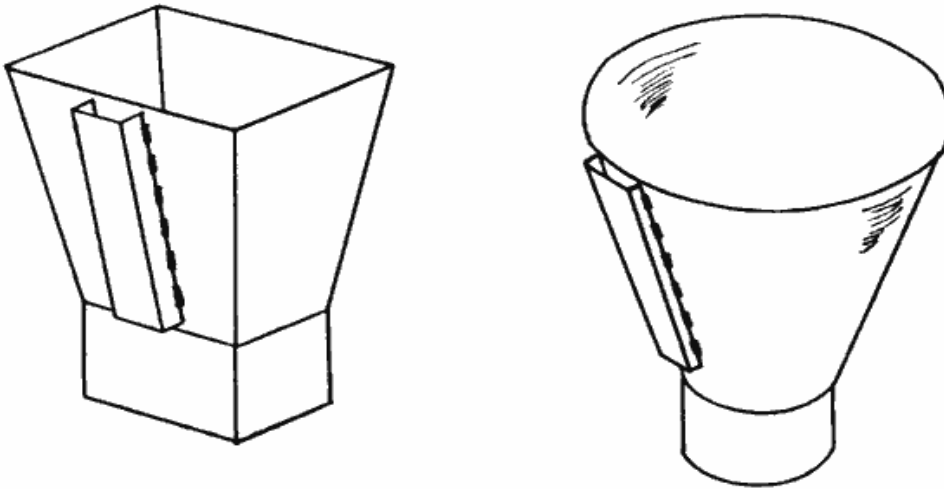
Los vibradores rotatorios son usados principalmente para separar o compactar materiales. Una aplicación común es para vaciar tolvas, silos y compuertas. La función del vibrador en operación de separación es separar el material pegado para que quede libre. Una vez queda libre cae por efecto de la fuerza de gravedad.

Los vibradores rotatorios pueden ser usados para alimentar materiales en forma similar como lo hacen los lineales. A cambio del vibrador de pistón que no crea grandes fuerzas, los vibradores rotatorios de gran tamaño son comúnmente usados para alimentación de materiales pesados como grava en ductos y para zarandear materiales que responden mejor a las vibraciones ondulatorias que a la vibración de golpe.

Los vibradores lineales no son efectivos en compactación de concreto. El movimiento unidireccional lo compactará cuando mueva hacia adelante y lo separará cuando mueva hacia atrás. Para compactar el concreto se usan dos tipos de vibradores rotatorios llamados vibradores internos y externos. Los vibradores internos son comúnmente llamados vibradores de aguja. Ellos son sumergidos en el concreto y una aguja que contiene una masa rotatoria es movida en forma eléctrica, neumática o con una guaya pegada a un motor. Estos vibradores de aguja son usados para fabricar edificios o puentes donde se necesitan compactar grandes áreas. Ellos también pueden ser usados en muros, pilotes o túneles, pero se recomienda que para estas aplicaciones se usen los vibradores externos instalados en la parte externa de las formaletas.

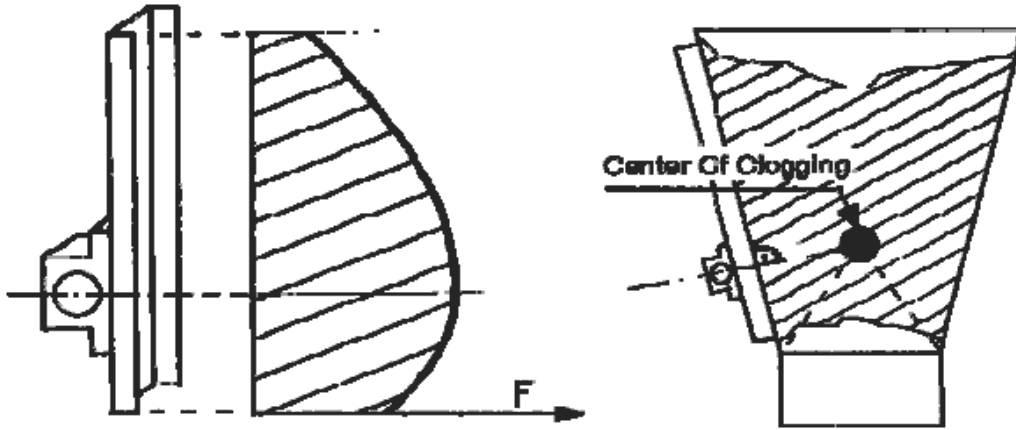
3.2.1. Instalación en tolvas y compuertas.

El mejor método para transmitir la mayor cantidad de energía vibratoria posible al material dentro de la tolva es usando una canal de hierro que esté firmemente soldada en forma vertical. La canal debe ser instalada en el eje simétrico del lado grande de un silo de cuatro esquinas. Tenga cuidado que no se mueva la estructura que esté más allá de la mitad de la longitud de la canal porque absorbería la mayoría de la energía de vibración y podría también llegar a dañarse la estructura de la tolva.



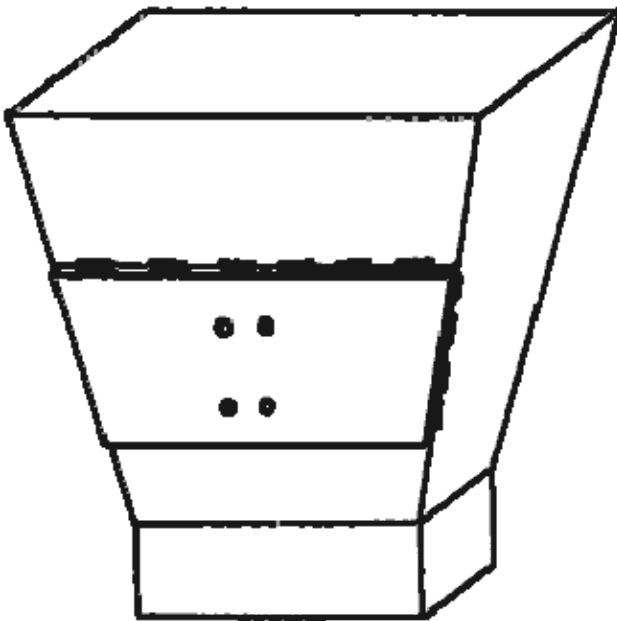
Usando una canal de hierro

La canal actúa como un repartidor; así la potencia de vibración es repartida a lo largo de toda la longitud del canal. Desde luego que la potencia de vibración al final de la canal es menor que la cercana al vibrador. Las ondas de vibración son transmitidas a 90° del eje de la canal; luego el punto óptimo para instalar el vibrador es la línea imaginaria que conecta la canal con el centro del encostramiento. Si no se conoce el centro del encostramiento, la práctica enseña que un buen punto de instalación es a $1/3$ de la altura del silo o de la tolva.



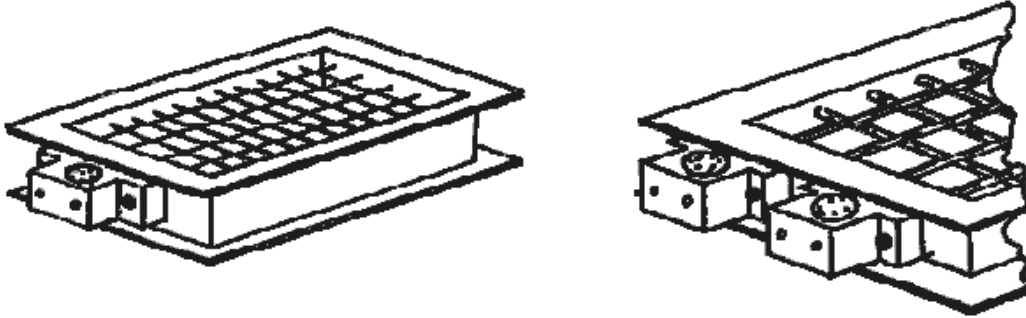
Potencia vibratoria en la canal/ Centro del encostramiento.

En lugar de la canal de hierro se puede soldar una platina a la tolva. Para garantizar suficiente firmeza para repartir la energía vibratoria a través del silo o tolva. Debido a su espesor, área y peso, una cierta cantidad de energía es entonces gastada en hacer vibrar la propia platina.



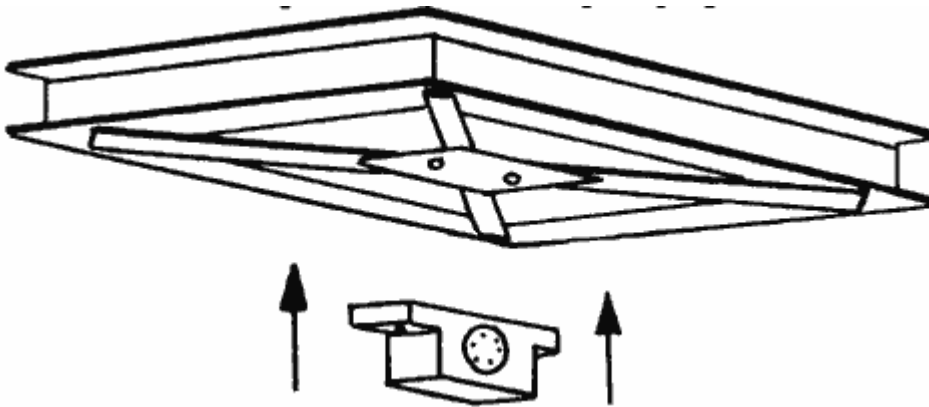
Usando una platina

3.2.2. Instalación en zarandas



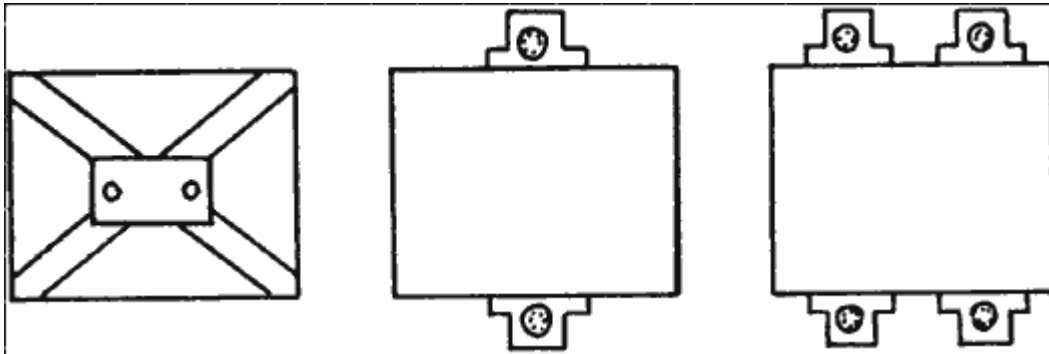
Montaje en una zaranda.

Como se mencionó anteriormente, las zarandas trabajan en forma muy similar a los ductos. Las zarandas pueden ser activadas por un vibrador montado en el lado pequeño o en el centro. Muchas veces, cuando se zaranda producto pesado como grava, un solo vibrador no es suficiente. Para esas circunstancias, se pueden instalar dos unidades cerca una de la otra. Ellas se van a sincronizar y doblarán la potencia de vibración. Tenga cuidado que la estructura esté lo suficientemente rígida. Si no lo está, puede mejorarla usando una canal de hierro (tipo U ó H) e instalar el vibrador en el centro como se muestra en la figura. La zaranda debe estar instalada sobre resortes o elementos de caucho; así la energía vibratoria no se absorberá por la estructura de la máquina. Asegúrese que los tubos de aire comprimido y las conexiones con el vibrador no vayan a verse mecánicamente afectados. Cuando realice la instalación en exteriores, por favor refiérase al parágrafo 6.1.4



Incremento de la rigidez de la zaranda

3.2.3. Instalación en formaletas para fundir concreto

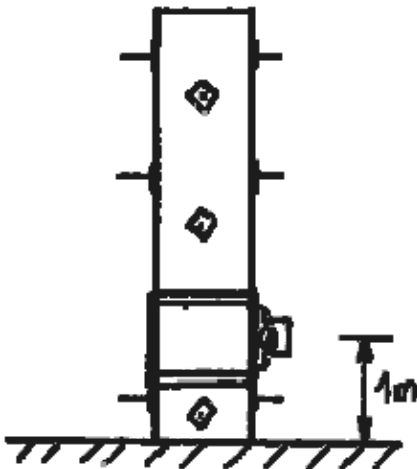


Instalación en una formaleta para concreto

Como en los silos, el uso de canales de hierro o platinas se recomienda para repartir la energía vibratoria cuando se instala en una formaleta para concreto. Si la formaleta es muy pequeña (menos de 50 cm x 50 cm / 20" x 20") el vibrador puede ser ubicado en el centro debajo de la formaleta. Si es muy grande, una de tres configuraciones se recomienda: un solo vibrador, dos vibradores ubicados en forma opuesta en los lados largos de la formaleta, o cuatro vibradores, ubicados de a dos en forma opuesta en los lados largos de la formaleta.

Como ocurre en las zarandas, los vibradores neumáticos instalados en la formaleta se sincronizan tan pronto inician a vibrar. La formaleta debe ser montada en elementos de caucho o en resortes de espiral, pero también bien debe estar anclada a una base firme para que no continúe moviéndose o vibrando cuando se apague el vibrador.

3.2.4. Instalación en una formaleta de concreto.



Instalación en una formaleta para pilotes

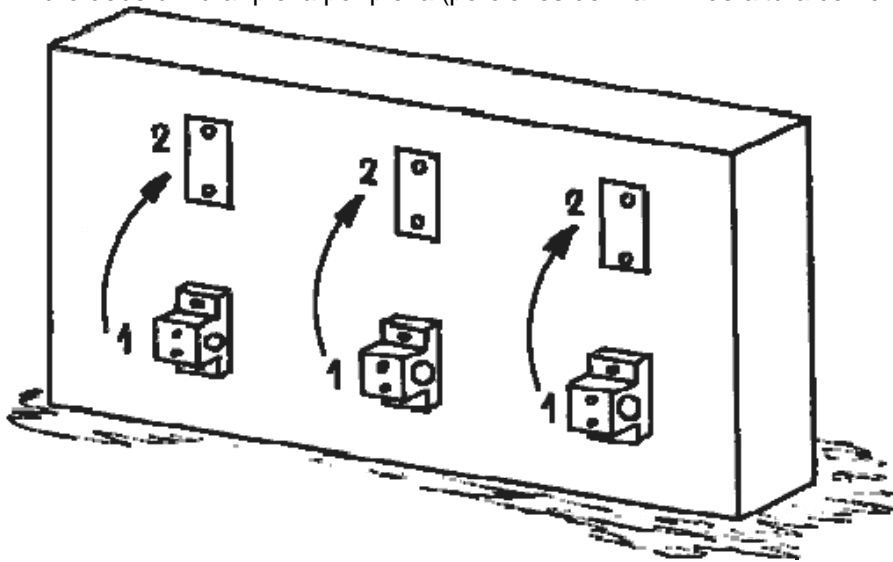
Bajo normales circunstancias, las formaletas de madera o hierro para pilotes son lo suficientemente fuertes para instalar un vibrador, ya que su área es relativamente pequeña. Lo mejor es instalar el vibrador cerca de la base del pilote, a una altura de un metro. Esto garantiza que la porción baja del pilote va a vibrar correctamente. La parte superior se puede mover relativamente libre y los refuerzos de hierro del pilote transmitirán la energía a la parte alta. Aún para pilotes de más de 4 m de altura, un solo vibrador es más que suficiente. Este puede ser anclado con ganchos.

Para pilotes largos, en lugar de usar dos o más vibradores, los primeros metros deben ser vibrados cuando se vacían. En forma secuencial, los otros pocos metros se vibran cuando se vacían y así seguidamente hasta terminar el pilote.

El tiempo de la vibración varía de acuerdo con la viscosidad del concreto y los aditivos utilizados.

A diferencia de las formaletas para pilotes, las formaletas para muros son generalmente poco fuertes. Por lo tanto, la energía vibratoria no se repartirá de la mejor manera con un solo vibrador. En lugar de un solo vibrador para cubrir el área, lo recomendable es usar varios. Ellos podrían ser tan pequeños como se acuerde.

El muro deberá vibrar pieza por pieza (porciones de 1 a 2 m de altura como máximo).



Montaje en una formaleta para muro

4. Selección del óptimo tipo de vibrador

4.1. Información General

En esta sección usted encontrará algunas sugerencias para seleccionar vibradores pero la selección del vibrador óptimo no puede ser hecha teóricamente usando calculadora, algunas gráficas y tablas. Cada aplicación por sencilla que parezca, debe ser tratada de una forma diferente. Muy a menudo, la vibración libre es perturbada por refuerzos estructurales, tensores y otros impedimentos. Las tablas siguientes le dan una idea aproximada para llegar cerca al óptimo, pero a la final, el ajuste definitivo tiene que ser hecho variando la presión de aire y ajustándolo a la frecuencia natural o a la frecuencia que ofrece las mejores condiciones de trabajo.

Existen muchas aplicaciones con tres o más tipos de vibradores que podrán hacer el trabajo. En estos casos la decisión de cual vibrador se puede usar necesita hacerse de acuerdo con el ruido y costo, para el corto y largo plazo.

El comentario general dice que hay 7 factores que se deben tener en consideración:

- Consumo de aire
- Ruido
- Espacio de la unidad/ área de montaje
- Frecuencia requerida
- Amplitud / energía vibratoria
- Costo / costo de mantenimiento
- Suministro de aire / necesidad de lubricación

Usted encontrará diferentes tipos de vibrador relacionados en las tablas siguientes organizados por su fuerza y amplitud. Otros factores que resultan importantes son el costo, ruido y consumo de aire. Por ejemplo, podría ser importante usar un vibrador de Turbina del tipo Golden Turbine, el cual es silencioso y consume menos de la mitad de cantidad de aire que un vibrador de bolas de características similares. Para otras aplicaciones que no tienen restricción de ruido, un vibrador de bolas es suficiente y le ahorra dinero.

Como proceder :

1. Seleccione todos los posibles tipos y modelos de vibrador de acuerdo con la fuerza que necesita en las tablas siguientes.
2. Si se requiere una operación silenciosa no use los tipos ruidosos.
3. Si se requiere para una aplicación libre de aceite, no use los tipo T-, DAR-, y FP.
4. Si necesita un bajo consumo de aire, no use los vibradores de bolas y rodillos (tipos K, R- y DAR). Para los datos de consumo de aire diríjase a la sección 10 . Ficha Técnica.
5. Revise el espacio para el montaje necesario.
6. Compare los costos. Tenga en consideración que un Vibrador GT sencillo puede hacer el trabajo de dos vibradores de bolas y podría ser menos costoso en una larga operación.

4.2. Silos y Tolvas

4.2.1. Formula

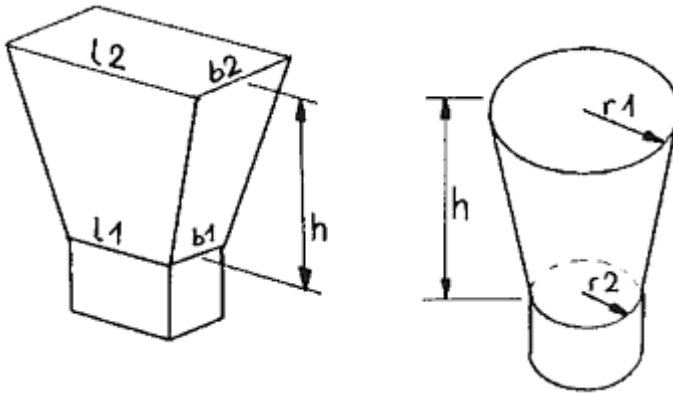
El factor más importante par seleccionar el modelo de vibrador óptimo es el peso del bien que tiene que ser vibrado. Donde silos y tolvas están involucrados, únicamente es de interés el material en la parte inclinada.

Peso del contenido :

$W(\text{cont}) = \text{Volumen} \times \text{Peso volumétrico del material (PV)}$

$$W(\text{cont}) = \frac{(b1 \times L1 + b2 \times L2)}{2} \times h \times \text{PV para tolvas cuadradas}$$

$$W(\text{cont}) = \frac{(r1^2 \times \pi + r2^2 \times \pi)}{2} \times h \times \text{PV por silos cónicos}$$



Cálculo del peso del material para silos y tolvas

4.2.2. Tabla de vibradores

Muy a menudo es mejor operar dos vibradores pequeños en lugar de uno grande. Las unidades deben instalarse en forma opuesta en el silo o la tolva para que así la estructura no se esfuerce demasiado en un solo punto.

Peso del contenido en Lbs	Materiales					
	Seco/suelto maíz, café polvos secos, harinas			Húmedo/ espeso cemento, concreto, azúcar sal, químicos		
	Vibrador de Bolas tipo K	Vibrador de rodillos tipo R	Turbina Golden tipo GT	Vibrador (Bolas) Rodillos tipo -R	Vibrador DAR	Turbina Golden Tipo -GT
	Ruidoso	Ruidoso	silencioso	Ruidoso	Ruidoso	silencioso
100	K-8		GT-8	K-10		GT-8
200	K-8		GT-8	K-13		GT-8
400	K-10		GT-8	K-16		GT-8
600	K-13		GT-10	K-20		GT-8
1000	K-16		GT-13	R-50		GT-8
1600	K-20	R-50	GT-13	R-50	DAR-2	GT-10
2,000	K-25	R-50	GT-16	R-50	DAR-3	GT-16
3,000	K-30	R-50	GT-16	R-65	DAR-4	GT-20
4,000	K-36	R-65	GT-20	R-80	DAR-4	GT-25
6,000	K-36	R-65	GT-25	R-100	DAR-5	GT-36
10,000		R-80	GT-30	R-120	DAR-6	GT-40
15,000		R-100	GT-40		DAR-7	GT-48
20,000		R-100	GT-48		DAR-7	GT-48-S

Tabla de selección de vibradores para silos y tolvas

4.3. Ductos y zarandas

Para seleccionar el vibrador correcto, primer determine el peso del material y el volumen a mover. Para ductos pequeños y zarandas, con peso del orden de 120 Kg, los vibradores de pistón pueden ser usados pero para grandes ductos y zarandas los vibradores rotatorios, especialmente los de turbina, son la mejor elección.

Donde se vaya a usar dos vibradores, asegúrese de que ambos se instalen en el mismo refuerzo de acero. Así tan pronto arranquen entrarán en resonancia y amplificarán sus fuerzas.

4.3.1. Formula

Peso total a ser vibrado :

$W(\text{vib}) = \text{Peso del ducto o zaranda (parte móvil)} + \text{peso del material adentro}$

4.3.2. Tabla de Vibradores

Peso Total en lbs	Vibrador de bolas Tipo - K ruidoso SA/HF	Vibrador de rodillos Tipo - R ruidoso MA/HF	Vibrador de rodillos Tipo - DAR ruidoso HA/LF	Vibrador de Turbine Tipo -GT silencioso LA/MF	Vibrador de Piston Tipo - FP silencioso 1/LF
10					FP-12
20					FP-18
30					FP-18
40	K-8				FP-25
60	K-8				FP-25
80	K-10				FP-25
100	K-13				FP-35
150	K-16				FP-35
200	K-20				2xFP-35
300	K-25	R-50	DAR-2	GT-16	
400	K-30	R-50	DAR-3	GT-16	
600	K-36	R-65	DAR-4	GT-25	
800	2x K-36	R-80	DAR-5	GT-36	
1,000		R-100	DAR-6	GT-36-S	
1,500		R-120	DAR-7	GT-48	
2,000		R-120	DAR-7	GT-48-S	
4,000		2xR-120	2xDAR-7	2xGT-48-S	

Tabla de selección para ductos y zarandas

Los vibradores FP están disponibles en amplitudes tipo S(pequeña), M(media) y L(grande)

SA = small amplitud	LF = low frecuencia
MA = medium amplitud	MF = medium frecuencia
HA = high amplitud	HF = high frecuencia

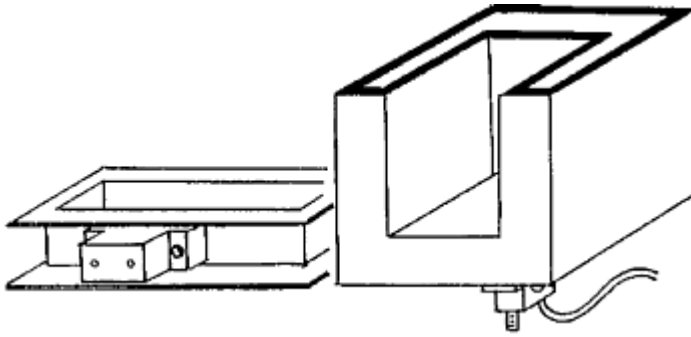
4.4. Moldes para concreto y fundir hierro. Aplicaciones de prefabricados

Un factor importante en la selección de vibradores para moldes de concreto son el peso del molde y la condición del concreto; siempre seco, medio o húmedo.

NOTA : Para cualquier vibrador que usted escoja de la tabla, siempre tendrá que hacer ensayos para determinar las mejores condiciones de trabajo. Especialmente para el concreto, el tiempo de vibración es de importante significado para asegurar que el concreto es vibrado completamente. La tabla inicialmente ofrece un estimado grueso.

Peso del concreto llenado en moldes Lbs	Condición		
	HUMEDO	MEDIO	SECO
40	R-50 DAR-2 GT-10-S	R-50 DAR-3 GT-10-S	R-65 DAR-4 GT-10-S
100	R-50 DAR-2 GT-10-S	R-65 DAR-3 GT-16-S	R-65 DAR-4 GT-16-S
200	R-65 DAR-5 GT-16-S	R-65 DAR-5 GT-16-S	R-80 DAR-6 GT-25-S
400	R-65 DAR-5 GT-25-S	R-80 DAR-6 GT-25-S	R-100 DAR-6 GT-36-S
1,000	R-80 DAR-6 GT-36-S	R-100 DAR-6 GT-48-S	R-120 DAR-7 2x GT-36-S
1,500	R-120 DAR-6 GT-48-S	R-120 DAR-7 2x GT-36-S	2x R-120 2x DAR-6 2x GT-48-S
2,000	2x R-120 DAR-7	2x R-120 2x DAR-6	2x DAR-7

Tabla de selección de vibradores para moldes de concreto



Fijación de los vibradores dependiendo de la forma del molde

Cuando se necesita compactar un espesor de más de 10 cm (4 pulgadas) de concreto, los vibradores DAR (arriba a la derecha) son los recomendados. Los vibradores DAR producen amplitudes muy grandes las cuales penetran profundamente en el material de concreto.

Para moldes de formas planas (arriba a la izquierda), los vibradores DAR deben ser usados en el total del ancho. Use uno si el ancho es de 20 cm (8 pulgadas) o dos si el ancho es de 40 cm (16 pulg). Si el ancho es menor de 20 cm, los vibradores de rodillos R series o los de turbina GT ofrecerán buenos resultados.

Para obtener una superficie muy compacta y libre de burbujas, un vibrador GT debe trabajar por espacio de 10 segundos. Debido a su alta frecuencia, él compacta material de arena con el material de grava cercano.

4.5. Moldes para fundición de formas de hierro

Para determinar el vibrador correcto para separar la arena sílica de los moldes, use la columna de SECO en la tabla. El uso de las turbinas GT es recomendado porque ellas pueden operar sin lubricación y las balinas son selladas y así el polvo de sílice no puede dañarlas. El vibrador siempre debe ser trabajado con cerca de 0.5 bar en operación de reposo para que así la arena de sílice no entre por el punto de desfogue durante la vaciada del molde. Una alta presión de aire es necesaria para arrancar el vibrador.

6. Instalación y operación del vibrador.

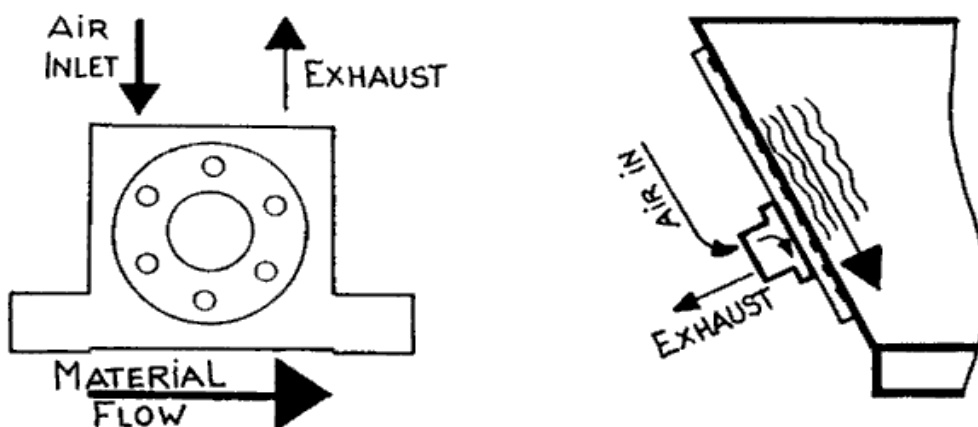
6.1 Montaje

Antes de montar el vibrador asegúrese que la posición ha sido con cuidado seleccionada para asegurar los mejores resultados de trabajo (refiérase al Capítulo 3).

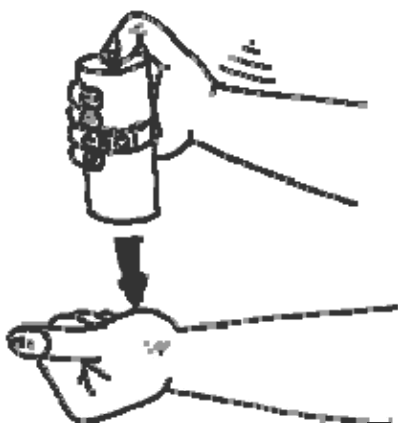
El área de montaje debe estar limpia y pareja. Por favor note que un área de montaje dispereja puede hacer que el vibrador funcione mal debido a la torsión en el cuerpo del vibrador.

El vibrador debería ser colocado, siempre que fuera posible, de modo que la rotación de los balines, rodillos o turbinas, apoye la dirección del flujo material.

Es fácil verificar la posición correcta con la ayuda de la toma de aire como se muestra en la figura 6.1.



Apoyo al flujo y colocación correcta en el silo

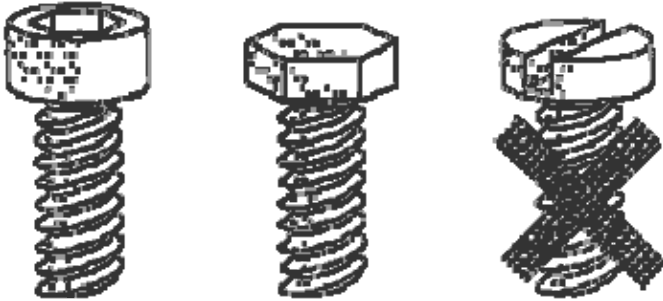


Revisión del libre movimiento del pistón

Antes de montar la serie FP de Vibrador de Pistón, revíselo para asegurarse que el pistón se mueva libremente. Golpee el vibrador contra la base del pulgar. Usted oirá "un golpecito"

metálico del pistón golpeando la tapa. Si el pistón no se mueve libremente, añada algunas gotas de petróleo (kerosene) en la toma de aire. Esto liberará la pegada del pistón causada probablemente por el aceite congelado que se usa en la fábrica.

6.1.1. Tornillos y tuercas



Tornillos con cabeza Bristol/ Hexagonal/de pala

Los tamaños de tornillos que se deben usar están a continuación.

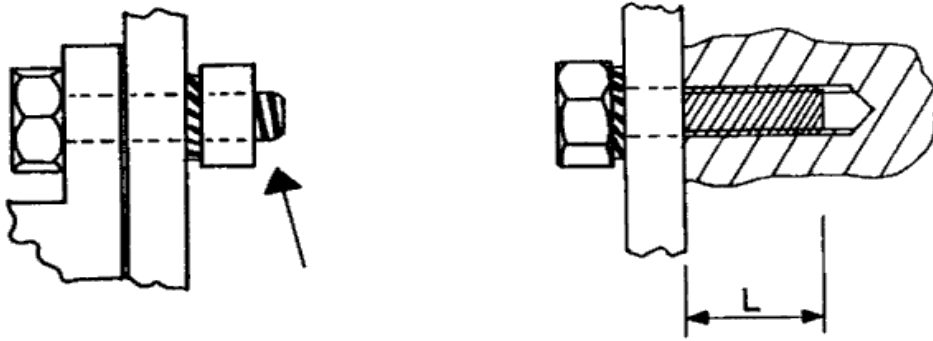
Modelo	8/10	13/16	20/25	30/36	40/48	60/70
K-series	M6	M8	M8	M10	----	----
GT-series	M6	M8	M8	M10	M16	M16
Modelo	50	65	80	100	120	.
R-series	M6	M8	M8	M10	M16	.
T-series	M6	M8	M10	M12	----	.
Modelo	2	3	4	5	6	7
DAR-series	M6	M8	M10	M12	M16	M16
Modelo	12	18	25	35	.	.
FP-series	M8	M10	M12	M12	.	.

Se recomienda el uso de tornillos con cabeza Bristol o hexagonal en un grado mínimo 8.8. Del mismo modo, la tuerca debería ser grado 8.8.

Los Tornillos de pala u otros tipos de tornillos con menos resistencia a la tensión deben ser evitados.

Los tornillos deberían tener el largo suficiente para que al menos un hilo completo quede fuera de la tuerca.

Si se usa un agujero taladrado en el objeto usado para el montaje, el tornillo debería penetrar al menos 1.5 veces el diámetro de tornillo.



Longitud de la rosca del tornillo

Para las series FP la longitud del tornillo en el anclaje del vibrador debe ser como sigue:

FP-Tipo	12	18	25	35
Mínimo (mm)	10	10	12	12
Máximo (mm)	13	13	15	15

PRECAUCION: Siempre use una arandela de seguridad de dientes o de resorte. El uso de un adhesivo sellante (LOCTITE 270 para este caso) es recomendado. Por favor siga las instrucciones del fabricante.

Nunca use arandelas ordinarias planas o curvas porque estas arandelas no paran de moverse y se puede aflojar el tornillo durante la vibración.



Arandela de seguridad de dientes / de resorte arandela curva

La arandela debe ser colocada entre la platina de montaje y la tuerca, y entre la platina de montaje y el tornillo para vibradores FP. El torque de ajuste no debe exceder los siguientes valores :

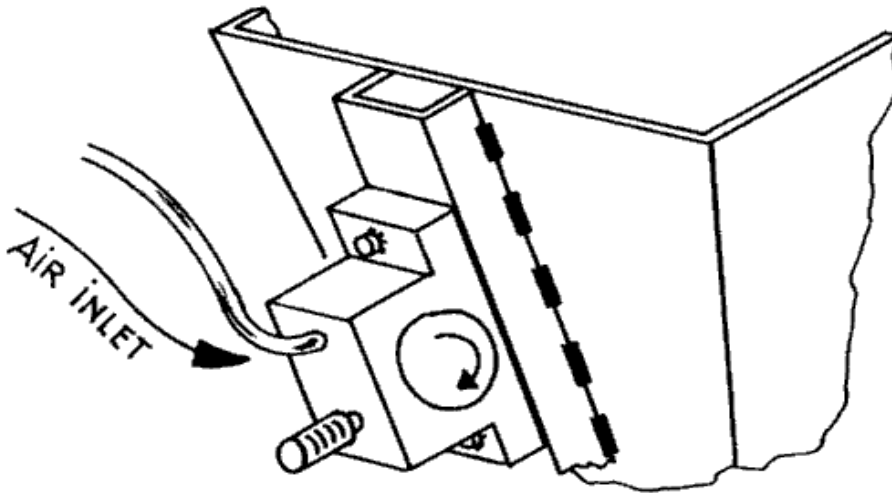
Rosca	Minimo	Maximo
M6	6 N	10 N
M8	15 N	21 N
M10	30 N	42 N
M12	50 N	72 N
M16	150 N	174 N

Fig. 6.7. Torque mínimo /máximo

NOTA: Para la serie FP: El acople con el agujero con la rosca para el montaje es la tapa de menor diámetro. La rosca de la otra tapa (o punto de desfogue de aire no es métrica!

El vibrador debe ser ubicado siempre que sea posible, para que la rotación de los balines, rodillos o turbina apoyen la dirección del flujo de material.

Es fácil de verificar la posición correcta con la ayuda de la ubicación de la entrada de aire como se muestra en la figura 6.8



Apoyo al flujo y correcta ubicación en el silo.

PRECAUCION: Confirme que el vibrador está seguramente apretado. Nosotros recomendamos fuertemente que re- apriete los tornillos después de unos pocos minutos de entrar en operación. Un vibrador flojo puede caer y lesionar gente o dañar maquinaria.

6.1.2. Conexión de Aire

La línea de aire comprimido debe ser lo suficientemente ancha para permitir un buen flujo de aire. La línea principal de aire debe ser dimensionada de acuerdo con el parágrafo 2.4. La conexión entre la línea principal y el vibrador debe ser hecha con un corto tubo flexible. Asegúrese que la entrada del acople del tubo flexible está conforme a la figura 6.9

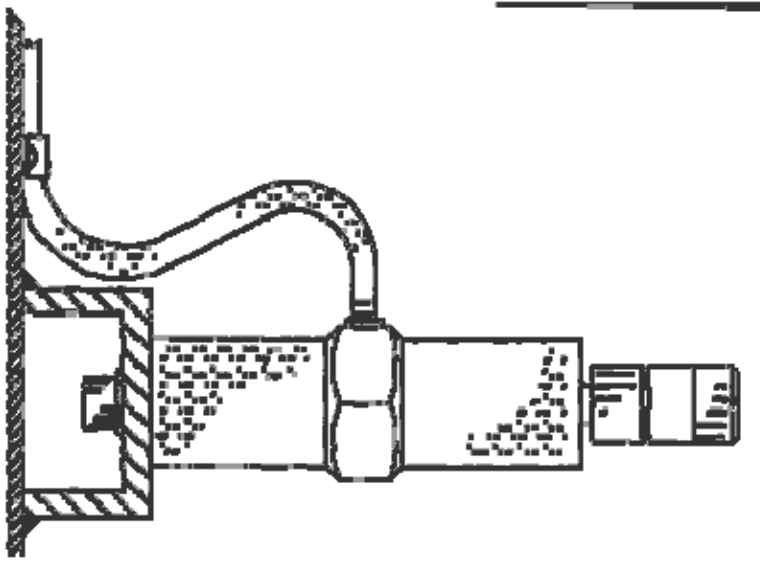
Tipo	50	65	80	100	120	180
Entrada (mm)	8	8	12	16	16	20

Fig. 6.9 : Requerimientos mínimos del acople del tubo.

Tenga presente que el tubo de aire que llegue al punto de entrada del vibrador sea flexible y pueda moverse libremente para que la vibración no dañe el tubo en la conexión. El tubo debe estar seguramente fijado al lado del objeto para que no entre en resonancia con la vibración. Usted puede que el tubo cuelgue de un punto en la estructura y llegue directamente a la entrada, pero asegúrese que esto no cree un peligro para la seguridad.

Asegúrese para que el tubo nunca se enrolle.

NOTA: La rosca de la tubería es BSP (Tubería estándar Inglesa) pero acepta US NPT (Rosca para tubería Americana) que es cónica y tiene una vuelta más por pulgada. Ajuste con mucho cuidado usando cinta de teflón.



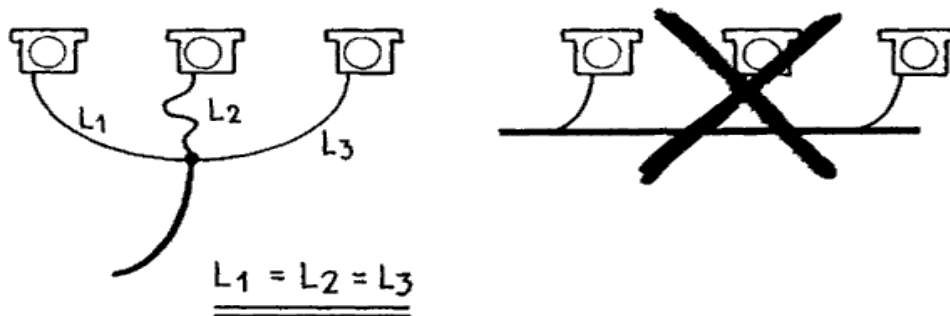
Fijamiento de la tubería de aire comprimido

La unidad de mantenimiento de aire con filtro, regulador y lubricador debe ser instalada cerca al vibrador (a menos de dos metros).

Si va a conectar una válvula electromagnética a la línea de aire para operación intermitente del vibrador, tenga en cuenta que la distancia entre el vibrador y la válvula debe ser de menos de 50 cm. Esto garantizará un apropiado e inmediato arranque y parada.

Una sola unidad lubricadora sirve para alimentar hasta tres vibradores. Las líneas de conexión de cada vibrador deben tener la misma longitud para asegurar que todos los vibradores están siendo alimentados con la misma presión y caudal de aire.

Una vez más, cuando use válvulas electromagnéticas, ubique cada una a 50 cm de cada vibrador para garantizar que todos los vibradores arranquen y paren al mismo tiempo.



Conexión de tres vibradores a una unidad de lubricación

Si se va a usar lubricador, el aceite deberá ser ISO VG5 tal como se explicó en el párrafo 2.2.

Por favor tenga en cuenta que los vendedores de las unidades de mantenimiento (filtro, regulador y lubricador) venden sus propios aceites. Verifique su conformidad con ISO VG5!

Nosotros recomendamos que adicione algunas gotas de kerosene en la entrada de aire del vibrador antes de instalar la tubería de aire. El kerosene disolverá el aditivo contra la corrosión que viene de fábrica con los nuevos vibradores, durante los primeros segundos de operación.

6.1.3. Silenciadores

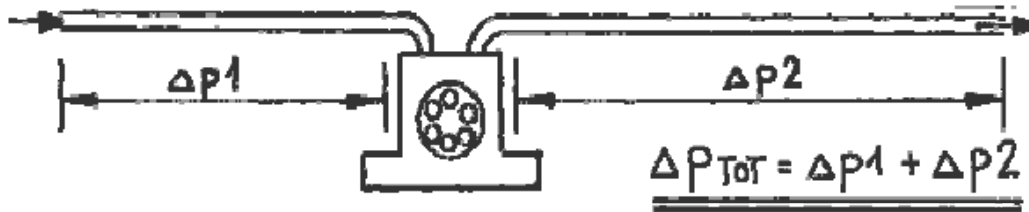
Todos los vibradores, a excepción de la serie R deben estar equipados con silenciadores en el punto de desfogue. Se recomienda el uso de los siguientes silenciadores.

Tipo / Modelo del Vibrador	Silenciador	Diámetro	N° de orden
GT-8 /-10, R-50, FP-12 / -18	Tipo Filtro	1/8"	44025
K-8 to 25, GT-13 to 25, T-50 to 65, R-65 / -80	Tipo Filtro	1/4"	44026
K-30 / -36, GT-30 to 48, T-80 to 100, R-100 / -120	Tipo Filtro	3/8"	44027
DAR-2	Poroso	1/8"	39371
DAR-3 / -4	Poroso	1/4"	39372
DAR-5 / -6 / -7	Poroso	3/8"	39373
FP-25 / 35	Flujo Libre	1/4"	44029

Fig. 6.12. Tabla de escogencia del vibrador

Los silenciadores se pueden obstruir debido a las impurezas del aire; Por lo tanto, el uso de filtros en la línea de aire es fuertemente recomendado, pero los silenciadores obstruidos (tipo filtro y tipo poroso) deben ser lavados afuera con petróleo (kerosene) Los tipos FF (Flujo Libre de 1/4") pueden ser desatornillados, y ambas partes pueden ser sopladas internamente con aire a presión.

En lugar de usar silenciadores para el desfogue, el aire saliente puede ser impulsado a través de una manguera. Asegúrese de que la sección de la manguera sea el doble de la tubería de aire. De lo contrario, la presión total (diferencia entre la presión en la toma de aire y la del punto de desfogue de la manguera) no se transformará en energía mecánica. Como se mencionó en el Capítulo 2.4, la pérdida de presión en tuberías (En el suministro o en el desfogue) no debe exceder los 0.5 Bares en total.



Pérdida de presión

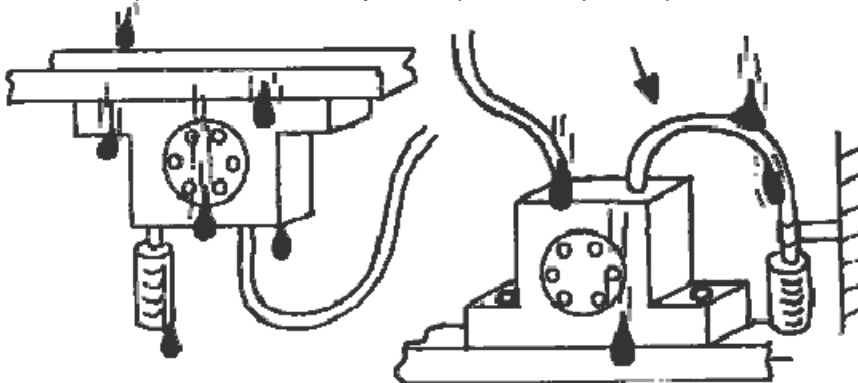
La tubería de desfogue no debe ser mayor a 2 m de longitud.

6.1.4. Aplicación en exteriores.

Todos los vibradores POWTEK pueden ser usados en exteriores, siempre y cuando se operen bajo las siguientes condiciones:

Los vibradores son para ser instalados de tal manera que no le caigan fluidos encima. Si el vibrador va a estar expuesto a fluidos como lluvia (u otra humedad) uno de los siguientes pasos deben adoptarse.

El vibrador debe ser montado boca abajo, de tal manera que el punto de desfogue apunte al suelo, o el desfogue se puede conectar a una manguera y esta se dobla para que el desfogue de ella apunte al suelo y no permita que líquidos o suciedad puedan entrar.



Montaje en exteriores o con exposición a líquidos, suciedad etc.

Si el vibrador va a ser expuesto a fluidos, pero las recomendaciones de arriba no se pueden acatar, use un silenciador y mantenga un flujo continuo de aire de cerca de 0.5 a 1 bar (15 a 30 PSI) para que no puedan entrar los fluidos.

PRECAUCION: Nunca opere los vibradores sin un silenciador o manguera de desfogue si ve que líquidos, suciedad u otras partículas (polvo de concreto, solución caustica, etc) pueden entrar a través de la boca de desfogue del aire.

6.2. Operación

Después de tener instalado exitosamente el vibrador, éste puede comenzar a trabajar.

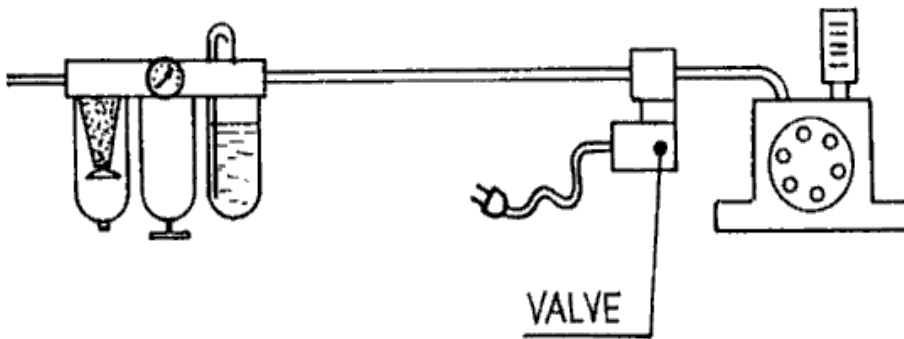
ADVERTENCIAS

- Utilice protectores auditivos en las áreas cercanas a los vibradores neumáticos!
- Descarte operarlo sin silenciador para mantener el nivel de ruido lo más bajo posible (y evitar la posibilidad de daños auditivos)!
- Asegúrese de llenar el lubricador (si existe alguno).
- Asegúrese de que la máxima presión de aire que llegue al vibrador sea de 115 psi!
- Revise una vez más los tornillos de la base y ajústelos.
- Revise la conexión entre la línea de aire y el punto de entrada en el vibrador.
- No opere los vibradores montados en silos y en tolvas si éstas se encuentran vacías porque puede genera daños en la estructura.

Cuando lo arranque por primera vez, tenga en cuenta que la frecuencia y fuerza solo se alcanzaran después de unos minutos. Esto ocurre porque las partes en movimiento están cubiertas con grasa y debido a la baja temperatura está muy espesa. Todos los vibradores son operados en la fábrica durante la inspección final por unos minutos pero durante el tiempo de almacenamiento, la grasa puede volverse espesa de nuevo.

Nosotros recomendamos que opere los vibradores de manera intermitente por varias razones:

- Se alarga la vida útil de vibrador
- Se ahorra en el costo de la energía por mantener la línea de aire comprimido.
- Opera solamente cuando se necesita hacer fluir el material y estén abiertos los ductos y compuertas para prevenir compactación dentro del silo, tolva o ducto.
- Operarlo con un factor de 10 a 30 segundos prendido y de uno a cinco minutos apagado, ha resultado ser lo más eficiente para la mayoría de las aplicaciones.



Operación intermitente

Para operación intermitente, nosotros recomendamos el uso de una válvula electromecánica manejada por temporizadores o por el sistema de control de la maquinaria. La válvula tiene que ser colocada en línea entre el lubricador y el vibrador. La cercanía de la válvula hace más fuertes los intervalos de arranque y parada del vibrador. Cuando la válvula es colocada alejada del vibrador, el volumen de aire comprimido restante en la línea debe ser vaciado y recompletado.

A menudo no es necesario operar el vibrador a plena potencia. Puede ahorrar energía neumática usando el regulador de presión. Ajustándolo a la frecuencia de resonancia del sistema, se extiende el tiempo útil.

La frecuencia de todos los vibradores puede ser controlada con la ayuda de reguladores de aire en la línea de aire comprimido. El silenciador FF conectado al desfogue de aire del pistón permite el ajuste de la amplitud de la vibración.

ADVERTENCIA: Utilice protectores auditivos para las siguientes inspecciones!

Cuando vaya a operar el vibrador por primera vez, desconecte la manguera de desfogue del vibrador y prenda el vibrador. Mida su frecuencia y fuerza. Haga lo mismo con la manguera de desfogue instalada. Cualquier diferencia en las medidas obtenidas muestra las pérdidas de presión y energía en la manguera de desfogue. Si esto ocurre, aumente el diámetro de la manguera o recorte su longitud.

El mismo procedimiento puede ser adelantado con el silenciador para verificar si el flujo de aire es suficiente o se detecta obstrucción.

Si el vibrador no puede ser ajustado a la operación o la deseada potencia de operación no puede ser lograda, por favor diríjase al capítulo 7.2.1. Detección de Fallas.

7. Mantenimiento y reparación

7.1. Mantenimiento

Bajo normales circunstancias, las unidades de vibradores neumáticos por sí mismas no requieren ninguna clase de mantenimiento si están siendo operados de manera apropiada.

Nosotros sugerimos que se revise el sistema de vibración a intervalos regulares para asegurar su adecuado funcionamiento. La frecuencia de los sistemas puede ser medida con la ayuda de un Vibrómetro. Un cambio de frecuencia es siempre el primer indicativo de una pérdida de potencia de vibración.

NOTA: La frecuencia de un vibrador puede variar dependiendo del tamaño del compresor y del tanque del aire. Asegúrese que la medición de frecuencia y potencia se está haciendo cuando el tanque está lleno.

El requerimiento de un mantenimiento regular a la línea de suministro de aire comprimido incluye la revisión de los siguientes puntos a intervalos regulares :

- El filtro de aire para acumulación de suciedad (obstrucción). Esto puede causar la pérdida de energía de vibración. Si está obstruido, lávelo o reemplácelo.
- El silenciador para acumulación de suciedad (obstrucción). Esto puede causar la pérdida de energía de vibración. Si está obstruido, lávelo o reemplácelo. El silenciador FF (Para vibradores de pistón) puede ser desatornillado y abierto en dos piezas y soplado con aire a presión.
- El lubricador para verificar que haya suficiente aceite en el tanque.

NOTA: Muy a menudo los vibradores resultan dañados porque el lubricador trabaja sin aceite. Por lo tanto, haga responsable a una persona tanto para mantener el tanque del lubricador lleno como para revisar los lubricadores a intervalos regulares.

NOTA: Para vibradores de Pistón únicamente !

El lubricador del aire puede ser llenado con agua destilada para operación con vibradores de pistón. Los materiales usados (aluminio teflonizado y bronce aleado) pueden ser operados sin aceite y solamente con agua destilada con excelentes resultados. La operación con agua destilada requiere un flujo 5 o 10 veces mayor que si se usa aceite porque el agua es expulsada rápidamente mientras el aceite por su viscosidad queda adherido por buen tiempo a las piezas móviles y paredes.

7.2. Manual de Fallas

7.2.1. El vibrador no arranca

- Para vibradores de pistón únicamente: Quítelo de la base de montaje y téngalo verticalmente en su mano. Préndalo. Si trabaja, revise el resorte de arranque interno.
- Aceite. El aceite empastado puede mantener pegadas las partes (principalmente los vibradores FP y DAR). Adicione 10 gotas de Kerosene (Petróleo) en la entrada de aire comprimido para disolver la pasta de aceite.
- Si usted sospecha que hay un bloqueo en el suministro de aire comprimido:
- Desacople el silenciador o la manguera de desfogue y prenda el vibrador. Si este

opera apropiadamente, entonces revise el silenciador o la manguera para eliminar obstrucciones. Si está obstruido, lávelo (con Kerosene) o reemplácelo.

- Revise la línea de aire comprimido para localizar bloqueos.
 - En el sitio del compresor
 - En la unidad de mantenimiento (filtro – regulador - lubricador)
 - Al final del tubo flexible.

7.2.2. El vibrador no siempre arranca

- Ocurre en los vibradores de pistón porque ellos requieren unos pocos segundos apagados antes de volver a arrancar. Los problemas al arranque ocurren generalmente si el tiempo de duración del ciclo de apagado es muy corto.
- El pistón puede necesitar de varios segundos para que el resorte lo empuje hasta su posición inicial. Este tiempo depende de la forma de instalación; con una tubería larga entre la válvula y el vibrador, el tiempo de apagado debe ser grande. También, un silenciador obstruido va a restringir el desfogue. Para revisar esta posibilidad, quite el silenciador y prenda el vibrador. Si trabaja bien, entonces lave el silenciador o reemplácelo.
- Si se requiere de un tiempo corto en el ciclo de apagado (menor a 4 segundos), es ventajoso usar una válvula de tres vías y así la tubería de suministro de aire para el vibrador es aliviada inmediatamente cuando se apaga.
- El uso de válvulas manuales algunas veces causa problemas al arranque si no se abre a la rapidez necesaria para que el aire entre rápidamente. Se recomienda el uso de válvulas eléctricas o neumáticas.
- Tubería de longitud inadecuada o diámetro de válvula deficiente pueden causar problemas similares.

7.2.3. El vibrador trabaja muy lento / Potencia de vibración muy baja

Nuevas instalaciones

- Los vibradores necesitan más de 15 minutos para alcanzar la plena potencia mientras el exceso de grasa y los anticorrosivos son removidos.
- Ajuste el regulador de presión del aire para incrementar la velocidad del vibrador.
- Revise que el suministro de aire esté conectado al punto de entrada y no al punto de desfogue (Sentido de las flechas)
- Revise que el tubo flexible no vaya a estar doblado.
- Revise para asegurarse que el acople de conexión de la tubería de aire al vibrador (Parágrafo 2.4 y 6.1.2) es suficientemente amplio y no demasiado grande. También revise los acoples de conexión de las válvulas usadas.
- Revise que no haya demasiados consumidores de aire comprimido que estén siendo operados al mismo tiempo con la misma acometida. Los consumidores de aire deben ser selectivamente controlados.

Instalaciones existentes.

- Quite el silenciador o la manguera de desfogue. Si el vibrador opera adecuadamente, entonces el silenciador o la manguera de desfogue probablemente estén obstruidos con suciedad. Lávelos con petróleo (kerosene) o reemplácelos.
- Revise los filtros de la línea de aire para acumulación de suciedad. Las tuberías de suministro de aire metálicas pueden oxidarse y estas partículas pueden obstruir los

filtros.

- Revise la tubería de aire para detectar fugas. Asegúrese de que el compresor está trabajando continuamente. Revise para ver si el tubo flexible está doblado.
- Eventualmente el aceite de lubricación puede pegarse. Adicione unas pocas gotas de petróleo (kerosene) en el punto de entrada de aire para limpiarlo.
- Revise el vibrador para acumulación de suciedad y límpielo con petróleo (kerosene)

7.2.4. Ruido excesivo durante la operación.

Frecuencia de alta acústica:

- El vibrador está probablemente trabajando demasiado rápido o montado muy rígidamente. Reduzca la presión de aire y ajustar el vibrador para que trabaje a su óptima frecuencia.
- Las balineras o vibradores de bolas pueden estar dañados y causar un incremento en la frecuencia y un descenso en la fuerza de vibración.

Sonido Crujiente

- Verifique que los tornillos de fijación del vibrador estén ajustados.
- Si el silo o la tolva están vacíos, corte el suministro de aire.
- En los vibradores de turbina, los rodamientos de balineras deben estar dañados

7.3. Reparación

Todos los vibradores POWTEK excepto los de la serie K, pueden ser fácilmente desarmados mantenidos y reparados de ser necesario.

Las siguientes herramientas son necesarias:

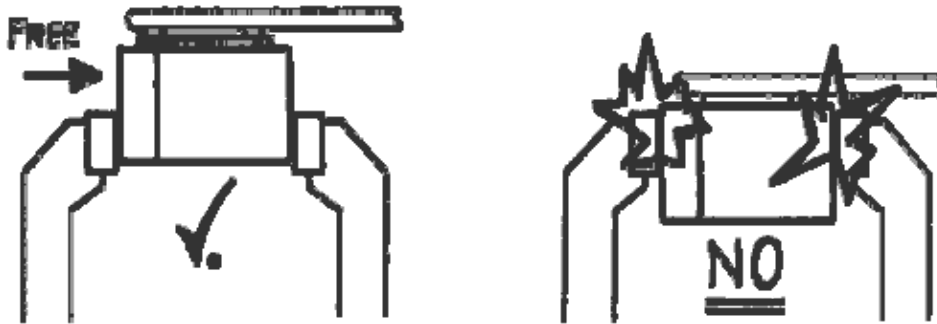
- Pinza para pines 4, 5, 6, 7 o 8 mm (Refiérase a la lista de la figura 7.1.)
- Prensa de banco con dientes de aluminio
- Martillo
- Para T-Turbinas: Llave Allen (Bristol) (2.5 mm : T-50/-65 ; 3 mm : T-80/-100)

Diámetro de pinza de pines en mm	Modelos / Tipos			
	R	DAR	GT	FP
4	50	2	8/10	12/18
5	65	3	13/16	---
6	80	4	20/25	25/35
7	100	5	30/36	---
8	120	6/7	40/48	---
Vibradores de Turbina : Pin dia. = 7 mm				

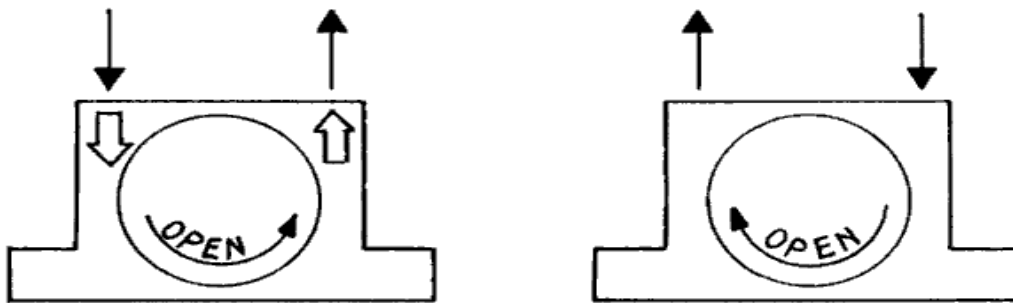
Fig. 7.1. Diámetro de pinza de pines de acuerdo con referencia de vibrador

Coloque el vibrador en la prensa como se muestra en la figura 6.2. Asegúrese que la tapa que va a soltar no esté mordida por la prensa. Abra la tapa girándola en el mismo sentido que gira el rotor las bolas o los rodillos (figura 6.3) Las tapas del vibrador de pistón o sus acoples deben ser abiertos girándolos en el sentido contrario a las manecillas del reloj.

NOTA: Si las dos tapas o el acople y la tapa del vibrador de pistón va a ser abiertos, primero afloje ambos lados antes de abrirlos. Esto previene que se rompa la carcasa.



No preense la tapa



Dirección de giro para abrir las tapas

NOTA: Cuando cambie partes use las originales. Otras partes pueden no tener a misma calidad y pueden generar un malfuncionamiento.

7.3.1 Vibradores de bolas de series K

Los vibradores de bolas no deben ser reparados ya que solamente las tapas y las bolas pueden ser cambiadas. Si las bolas están malas, las pistas también, pero las pistas no pueden ser cambiadas.

Es posible extenderle unos cientos de horas de operación cambiando las bolas por unas nuevas.

La única forma de abrir la tapa es destruyéndola, taladrando un agujero en ellas. Revise las pistas de daños antes de volverla a cerrar. Una nueva tapa debe tenerse lista para ser presionada con la mano.

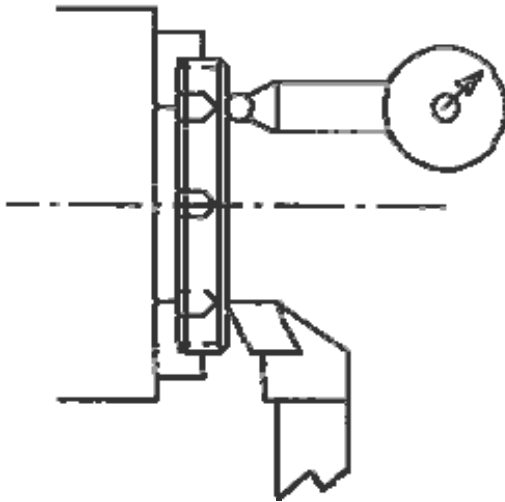
7.3.2. Vibradores de rodillos series R

Cuando abra un vibrador de rodillos revise las dos tapas negras para mirar surcos generados por la abrasión de los rodillos. Si los surcos son visibles es indicador de que debe usar mayor lubricación y las tapas deben ser cambiadas. Tenga en cuenta que las tapas tienen una rosca izquierda y otra rosca derecha y son vendidas por pares únicamente.

También revise la pista de los rodillos para detectar oxidación o fisuras. Partículas de óxido u otras partículas pueden hacer saltar los rodillos, causando que la pista se dañe rápidamente.

Es posible operar el vibrador sin las platinas silenciadoras de las tapas, pero el nivel de ruido se incrementará y a la vez las platinas silenciadoras protegen al vibrador de las entradas de suciedad por su orificio de desfogue.

7.3.3. Vibrador de rodillos de series DAR



Rectificación de la tapa

Tal como los vibradores series R, las tapas de bronce se pueden dañar debido a la falta de lubricación o de contaminación por suciedad. Si es así, coloque la tapa en un torno tal como se muestra en la figura superior. Revise que la superficie de la tapa esté tocando el buril e instale un medidor de penetración. Haga girar la tapa hasta que su superficie quede rectificada de nuevo.

Esta debe quedar lista antes que la penetración sea superior a 30 μm (0.03 mm).

El espesor total de la tapa no debe ser inferior que las medidas mostradas en el siguiente cuadro.

Tipo DAR	2	3	4	5	6	7
Espesor mínimo en mm	7	8	9	10	11	11

Espesor mínimo de la tapa de bronce

Revise también la pista de los rodillos para detectar oxido, fisuras, etc. El oxido y otras partículas pueden causar que el rodillo salte, causando que la pista se dañe rápidamente.

7.3.4. Vibradores de Turbina series T

NOTA: Antes de abrir la tapa roscada, asegúrese que el tornillo con cabeza Allen (Bristol) ubicado en la parte de arriba de la carcasa haya sido soltado para evitar destruir la rosca.

El tornillo con cabeza Allen (Bristol) es de 2.5 mm (T-50 and T-65) o 3 mm (T-80 and T-100). Abra la tapa roscada girándola en contra de las manecillas del reloj. La otra tapa es de las mismas usadas en los vibradores de bolas series K y no debe ser retirada en circunstancias normales.

El rotor y las balineras con su eje pueden ser retirados de la carcasa. Las balineras pueden ser retiradas de su eje usando un extractor para balineras. Cuando rearme el vibrador tenga en cuenta la importancia del sentido de los álabes; de todas formas, estos no pueden ser montados en forma equivocada porque la punta del eje tiene un orificio que debe calzar con una cuña dentro de la tapa.

Cuando use una nueva tapa roscada, asegúrese que ésta haya sido apretada antes de atornillar el tornillo de cabeza Allen de encima de la carcasa. Ahora use una broca de 4.2 mm (T-50 and T-65) o de 5.0 mm para los T-80 and T-100 para perforar en el agujero roscado y dejar que la cabeza del tornillo quede escondida en la tapa. Después apriete el tornillo en forma segura y coloque el adhesivo en el lado de la tapa.

Si cambió las balineras por unas nuevas, tenga en cuenta que le vibrador necesitará de unos pocos minutos para alcanzar su frecuencia nominal mientras la grasa de fábrica es evacuada.

Cuando vuelva a hacer trabajar el vibrador, revise el lubricador para asegurar que está trabajando adecuadamente y que su tanque de aceite esté lleno.

7.3.5. Vibradores de Turbina series GT

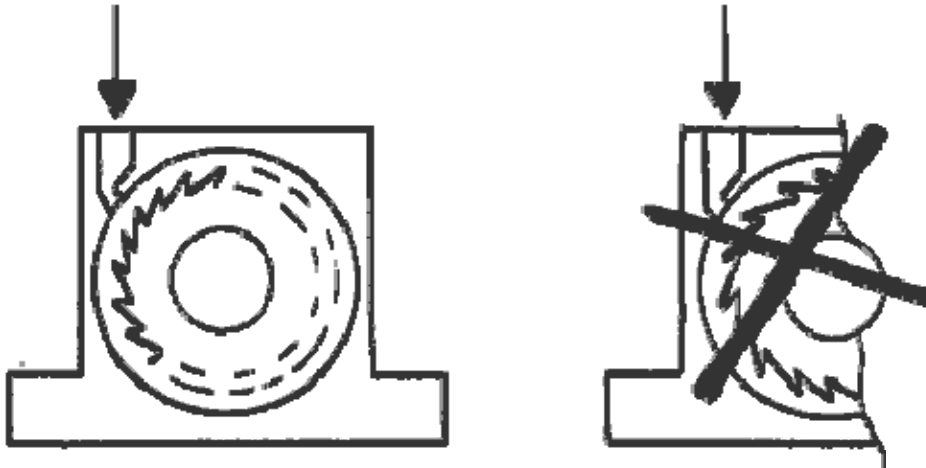
Bajo circunstancias normales, el vibrador GT solo puede ser abierto por un lado. EL rotor y las balineras pueden ser retiradas y las balineras pueden ser extraídas del eje fácilmente.

Por favor tenga en cuenta que las balineras no son del tipo estándar, ya que vienen selladas y contienen una decima parte de la cantidad de grasa estándar. Esto es suficiente para garantizar un óptimo engrase, mientras con la cantidad estándar de grasa puede bajar la frecuencia en forma considerable.

A manera de solución temporal para no parar mucho tiempo la máquina, puede usar un par de balineras estándar pero debe usarlas solo unos pocos días mientras espera que lleguen las originales.

NOTA: Nosotros no recomendamos el uso de balineras diferentes a las originales y no respondemos por los daños generados por el uso de las balineras estándar.

Cuando rearme el vibrador, esté seguro que el rotor está instalado correctamente. Tal como se muestra en la Fig 7.6, las cavidades del rotor deben estar ubicadas de tal manera que el aire comprimido las llene. De otra manera, el rotor trabajará pero únicamente a un 50% de su frecuencia y de fuerza de vibración.



Instalación correcta del rotor

Bajo circunstancias normales, el vibrador GT tendrá mayor duración que otro tipo de vibradores, debido a que el cambio de balineras lo deja tan bueno como uno nuevo.

7.3.6 Vibradores de pistón series FP

Nosotros recomendamos abrir la tapa del acople (la parte final con la rosca métrica y de pequeño diámetro).

Revise el resorte para verificar su correcta longitud y el pistón para verificar su tolerancia de desgaste de acuerdo con las figura 7.7.

FP-Tipo	Diametro Nominal / Tolerancia de desgaste	Tolerancia de longitud del resorte
FP-12-S FP-12-M FP-12-L	11.985 mm / -20 µm	L=13 mm +/- 3 mm L=17 mm +/- 3 mm L=20 mm +/- 3 mm
FP-18-S FP-18-M FP-18-L	17.985 mm / -15 µm	L=19 mm +/- 3 mm L=22 mm +/- 3 mm L=25 mm +/- 3 mm
FP-25-S FP-25-M FP-25-L	24.985 mm / -10 µm	L=26 mm +/- 3 mm L=32 mm +/- 3 mm L=42 mm +/- 3 mm
FP-35-S FP-35-M FP-35-L	34.985 mm / -5 µm	L=30 mm +/- 3 mm L=34 mm +/- 3 mm L=38 mm +/- 3 mm

Fig. 7.7. Tolerancia de desgaste del pistón y tolerancia de longitud del resorte

El vibrador podrá trabajar si está por fuera de esta tolerancia, pero el área de juego entre el pistón y la camisa crece con el cuadrado del diámetro. El alto juego hace que se pierda la fuerza vibratoria que el vibrador puede dar. Esto es de mayor importancia para los dos modelos más grandes como son el FP25 y el FP35 porque ellos tienen el mayor diámetro de

pistón. Por esta razón, nosotros recomendamos enfáticamente lubricar el vibrador de pistón para evitar el desgaste al máximo.

Cuando rearme el vibrador, es importante que el resorte quede ubicado como se muestra en la figura 7.8., con la terminación pequeña frente al pistón. De otra forma, el resorte bloqueará el pistón y dañará el vibrador.

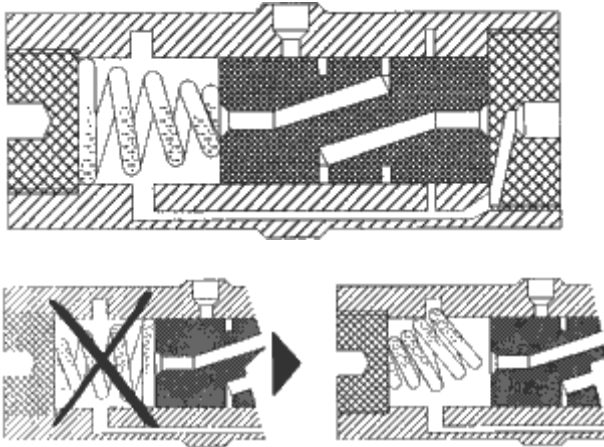


Fig. 7.8 - Correcta / Incorrecta instalación del resorte

8. Listado de partes

8.1. Vibradores de bolas series - K

Tipo	Tapa Plástica	Balín de acero	Silenciador
K-8	91008.10	91008.20	44026.00
K-10	91008.10	91010.20	44026.00
K-13	91013.10	91013.20	44026.00
K-16	91013.10	91016.20	44026.00
K-20	91020.10	91020.20	44026.00
K-25	91020.10	91025.20	44026.00
K-30	91030.10	91030.20	44027.00
K-36	91030.10	91036.20	44027.00

8.2. Vibradores de Rodillos series - R

Tipo	Tapa con rosca derecha	Tapa con rosca izquierda	Rodillo	Tornillo
R-50	93050.11	93050.12	93050.20	93050.30
R-65	93065.11	93065.12	93065.20	93065.30
R-80	93080.11	93080.12	93080.20	93065.30
R-100	93100.11	93100.12	93100.20	93100.30
R-120	93120.11	93120.12	93120.20	93100.30
R-80-S	96080.10	96080.10	96080.20	93065.30

8.3 Vibradores de Rodillos series - DAR

Tipo	Tapa derecha roscada	Tapa izquierda roscada	Rodillo	
DAR-2	97002.11	97002.12	97002.20	
DAR-3	97003.11	97003.12	97003.20	
DAR-4	97004.11	97004.12	97004.20	
DAR-5	97005.11	97005.12	97005.20	
DAR-6	97006.11	97006.12	97006.20	
DAR-7	97006.11	97006.12	97007.20	
Silenciadores:	DAR-2	Poroso	Tipo 1/8"	39371.00
	DAR-3 to 4	Poroso	Tipo 1/4"	39372.00
	DAR-5 to 7	Poroso	Tipo 3/8"	39373.00

8.4. Vibradores de Turbina series - GT

Tipo	Tapa roscada derecha	Tapa roscada izquierda	Rodamiento de bolas	Rotor
GT-4	98004.31	98004.32	98004.10	98004.20
GT-6	98004.31	98004.32	98004.10	98006.20
GT-8	98008.31	98008.32	98008.10	98008.20
GT-10	98008.31	98008.32	98008.10	98010.20
GT-10-S	98008.31	98008.32	98008.10	98010.21
GT-13	98013.31	98013.32	98013.10	98013.20
GT-16	98013.31	98013.32	98013.10	98016.20
GT-16-S	98013.31	98013.32	98013.10	98016.21
GT-20	98020.31	98020.32	98020.10	98020.20
GT-25	98020.31	98020.32	98020.10	98025.20
GT-25-S	98020.31	98020.32	98020.10	98025.21
GT-30	98030.31	98030.32	98030.10	98030.20
GT-36	98030.31	98030.32	98030.10	98036.20
GT-36-S	98030.31	98030.32	98030.10	98036.21
GT-40	98040.31	98040.32	98040.10	98040.20
GT-48	98040.31	98040.32	98040.10	98048.20
GT-48-S	98040.31	98040.32	98040.10	98048.21
Silenciador	GT-4 to GT-10-S GT-13 to GT-25-S GT-30 to GT-48-S	Tipo Filtro 1/8" Tipo Filtro 1/4" Tipo Filtro 3/8"	44025.00 44026.00 44027.00	

8.5. Vibradores de Turbina series - T

Tipo	Tapa plástica	roscada	Tapa final plástica	Rodamiento de bolas	Rotor
T-50-LP	98050.30		91008.10	98050.10	98050.40
T-50-HP	98050.30		91008.10	98050.10	98050.50
T-65-LP	98065.30		91013.10	98065.10	98065.40
T-65-HP	98065.30		91013.10	98065.10	98065.50
T-80-LP	98080.30		91020.10	98080.10	98080.40
T-80-HP	98080.30		91020.10	98080.10	98080.50
T-100-HP	98100.30		91030.10	98100.10	98100.50
Silenciador	T-50 and T-65 series T-80 and T-100 series		Filtro Tipo Filtro Tipo	44046.00 44027.00	

8.6. Vibradores de Pistón series - FP

Tipo	Piston	Resorte	Acople	Tapa
FP-12-S	99012.10	99012.20	99012.30	99012.40
FP-12-M	99012.11	99012.21	99012.30	99012.40
FP-12-L	99012.12	99012.22	99012.30	99012.40
FP-18-S	99018.10	99018.20	99018.30	99018.40
FP-18-M	99018.11	99018.21	99018.30	99018.40
FP-18-L	99018.12	99018.22	99018.30	99018.40
FP-25-S	99025.10	99025.20	99025.30	99025.40
FP-25-M	99025.11	99025.21	99025.30	99025.40
FP-25-L	99025.12	99025.22	99025.30	99025.40
FP-35-S	99035.10	99035.20	99035.30	99035.40
FP-35-M	99035.11	99035.21	99035.30	99035.40
FP-35-L	99035.12	99035.22	99035.30	99035.40
Silenciador	FP-12 and FP-18 series FP-25 and FP-35 series		Tipo Filtro Flujo Libre	44025.00 44029.00

10. Terminología

Aceleración

La razón de cambio de velocidad respecto al tiempo (Dv/Dt) generalmente, a lo largo de un eje especificado expresada en "g".

Amplitud

Es la magnitud de de la variación respect a un valor base (normalmente cero). Es usada para desplazamientos, velocidad y aceleración. El ancho de banda es el doble de la amplitud (de pico a pico) Este valor es útil en el procedimiento de balance para reducir la fuerza de vibración generada por rotación, ajustando la masa en el elemento rotativo.

Frecuencia crítica

La frecuencia de resonancia particular a la cual un daño ((o deterioro del desempeño) puede ocurrir en la instalación.

Ciclo

La complete secuencia de valores instantáneos de un evento periódico que ocurre durante un período.

Atenuación

La disipación de la energía vibratoria con movimiento o con el tiempo. La atenuación crítica es el valor de atenuación que provee la más rápida respuesta a una función sin sobrepasarla.

Vibración forzada

El movimiento de vibración de un sistema. Se dice forzado porque es causado por alguna motivación mecánica.

Vibración libre

Ocurre sin forzarla como la vibración de una cuerda después de pulsarla.

Frecuencia

El valor recíproco de un periodo. La unidad más conocida es el Hertz (Hz), el cual representa ciclos por segundo. Cuando se refiere a vibradores, los ciclos por minutos o revoluciones por minuto son más comunes (r.p.m.)

Impacto

Es una colisión simple entre masas donde al menos una está en movimiento.

Impulso

La fuerza integral en una ventana de tiempo.

Intensidad

La severidad de una vibración o de un choque. Similar a la amplitud pero sin una

connotación específica.

Aislamiento

Es la reducción en severidad de una acción, generalmente atenuada por el uso apropiado de un elemento resiliente.

Sacudida

Se refiere al radio de cambio de aceleración con el tiempo (Da/Dt).

Frecuencia Natural

La frecuencia de vibración libre de un sistema.

Oscilación

La variación con el tiempo de una cantidad, como la fuerza, presión, desplazamiento o velocidad. Generalmente alguna regularidad como la sinusoidal o compleja es involucrada.

Pico

La cantidad extrema de una cantidad variable medida desde la base o desde un valor dado.

Periodo

El periodo de una vibración periódica es el menor intervalo de tiempo en el cual la vibración se repite por sí sola.

Respuesta

La acción de vibración, fuerza o energía de un sistema mecánico que es causada por una entrada mecánica al sistema.

Resonancia

Para un simple grado de libertad, la resonancia del sistema se da cuando cualquier cambio de la frecuencia de excitación causa una disminución en su respuesta. Entonces, la resonancia representa la máxima respuesta de una masa elástica, donde la frecuencia es variada mientras la fuerza de entrada se mantiene constante.

Vibración residual

La vibración mantenida temporalmente en un sistema mecánico.

Vibrómetro

Un dispositivo usado para medir la frecuencia de una máquina vibratoria. Generalmente es un resorte estirado que puede ser ajustado para entrar en resonancia a un largo específico.

