

El alivio de tensiones por vibración se está convirtiendo en una alternativa real y efectiva al tratamiento térmico por horno. El estabilizado por vibración se está utilizando en todo el mundo con resultados plenamente satisfactorios.

Aplicable a una gran variedad de materiales, no tiene efectos negativos en las piezas a estabilizar. Las tolerancias de las piezas se mantienen.

Las tensiones residuales se generan por diferentes motivos: en fundiciones, mediante las fuerzas de contracción que surgen a medida que la pieza se solidifica; en la elaboración de metales, debido a las características elásticas del material; al cortar metal, por la acción cortante que va siempre acompañada de deformación; al soldar, debido a la expansión y contracción del material; al mecanizar, etc.

Frecuentemente, estas tensiones son de tal magnitud que es preciso atenuarlas para prevenir la excesiva distorsión o agrietamiento de la pieza.

En la mayoría de los casos, las tensiones residuales en los metales son causadas por la deformación de partes de la estructura cristalina interna del propio material. Para restaurar esta retícula interna, es necesaria la introducción de energía a la pieza.

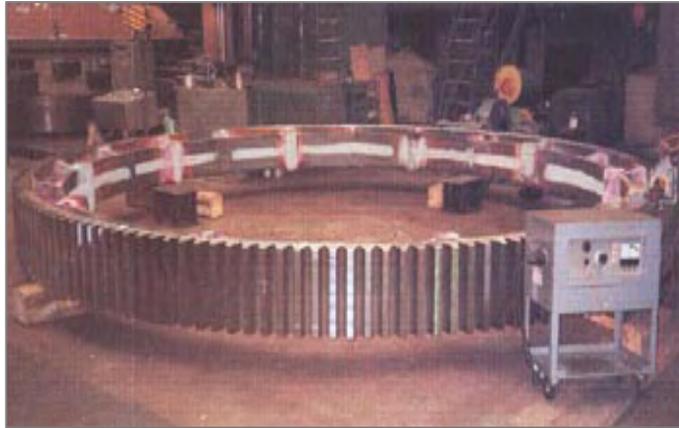
El F62 introduce esta energía a la pieza mediante la aplicación de vibraciones de baja frecuencia que atenúan las tensiones internas del material en cuestión.

### **Definición de Esfuerzos Residuales**

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el mundo del Metal es la acumulación de esfuerzos o tensiones que provocan la deformación y la pérdida de la estabilidad dimensional. Fabricantes de aceros, de máquina-herramienta, matriceros, caldererías, fundiciones, empresas de mecanizado, etc pueden experimentar problemas con la retención de tolerancias dimensionales en la producción de sus piezas.

Podemos definir las tensiones residuales como cualquier esfuerzo en un cuerpo elástico que se encuentre libre de fuerzas o restricciones externas y de cambios o gradientes de temperatura.

Los esfuerzos, cuando no son iguales, pueden ocasionar deformaciones del material. Grandes esfuerzos en un lado de la pieza provocan movimiento o deformación. Si los esfuerzos son iguales a lo largo de toda la pieza, se compensan y no hay deformación. Si el desequilibrio es demasiado grande, la pieza jamás volverá a su condición anterior.



### **Tratamiento de los esfuerzos residuales**

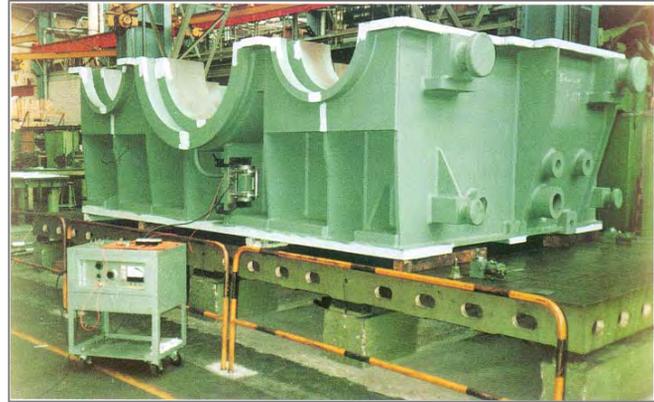
Para tratar de devolver a la estructura metálica interna su forma ideal, hay que introducir energía dentro del metal. El estabilizado por tratamiento térmico es el método más conocido pero no el único.

En el tratamiento por horno, las temperaturas altas reducen las tensiones en el material. Este tipo de alivio de esfuerzos, aunque generalmente resulte efectivo, tiene varios defectos y limitaciones. El costo es elevado, el proceso es de larga duración y frecuentemente da por resultado el deterioro de las propiedades de los materiales. Los gastos generados en cuanto a transporte también son importantes.

Muchas empresas de la industria metalúrgica han expresado sus deseos de disponer de instalaciones para reducir los esfuerzos residuales durante el proceso de fabricación. Esto origina gastos prohibitivos y muchas veces es logísticamente imposible de conseguir si se utiliza el proceso de tratamiento térmico.

El método por vibración introduce energía dentro de la pieza a estabilizar. Para la red de átomos con tensiones, no existe diferencia entre la energía térmica y la introducida por vibración. Esta energía vuelve a alinear la estructura interna del material aliviando los esfuerzos y estabilizando la pieza sin sufrir deformaciones.

El tratamiento por vibración se puede usar para estabilizar piezas que presentan tensiones debido a procesos de mecanizado, fresado, rectificado, troquelado, escariado, estampado, perforado, cepillado, forjado y soldado.



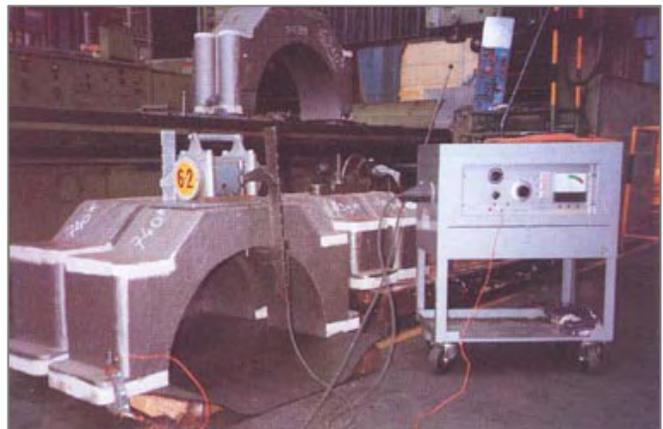
### **Estabilizador de Tensiones METRONIC**

La compañía METRONIC S.A. lleva muchos años implantando el uso de un método de alivio vibratorio de tensiones (muy efectivo y sin calor) basado en la resonancia de vibraciones. La vibración se ha convertido ahora en un proceso ampliamente aceptado por la industria, cuyo proceso, fácil de usar, hace posible mejorar el control dimensional y aumenta el límite elástico de la pieza sin producir ninguna pérdida en la resistencia a la fatiga.

El método se basa en la introducción de vibraciones de baja frecuencia y alta amplitud durante un breve período de tiempo basado en el peso de la pieza a estabilizar.

Se ha comprobado que las vibraciones resonantes son el método más efectivo para reducir los esfuerzos residuales por medio de vibraciones. El proceso mediante frecuencias resonantes produce una redistribución de esfuerzos más pronunciada en comparación con los métodos con frecuencias subresonantes o subarmónicas.

Las vibraciones de baja frecuencia proporcionan energía de gran amplitud y son muy eficientes en la reducción de los picos de esfuerzos residuales en las piezas metálicas y estructuras de componentes soldados.



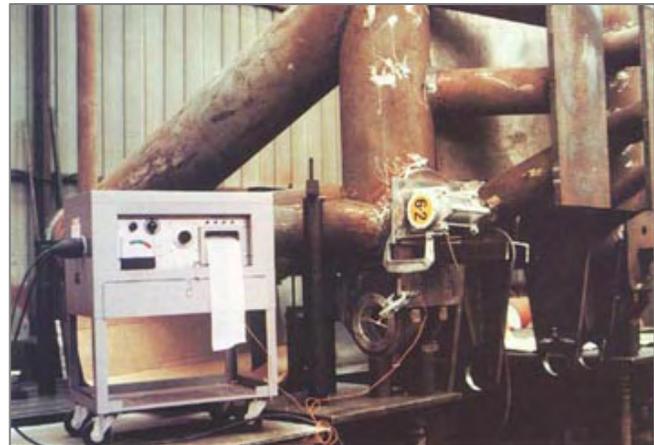
**Aplicación del estabilizador F62**

El equipo F62 consta de un vibrador de velocidad variable que se aplica a la pieza y de una consola electrónica encajada dentro de un gabinete portátil que se puede desplazar a cualquier parte de la planta de producción.

A la pieza a estabilizar también se le aplica un acelerómetro que detecta las vibraciones y transmite la señal a la consola por medio de un cable coaxial. Se determina el punto de resonancia de la pieza, cuya búsqueda queda plasmada por medio de una gráfica que imprime la consola.

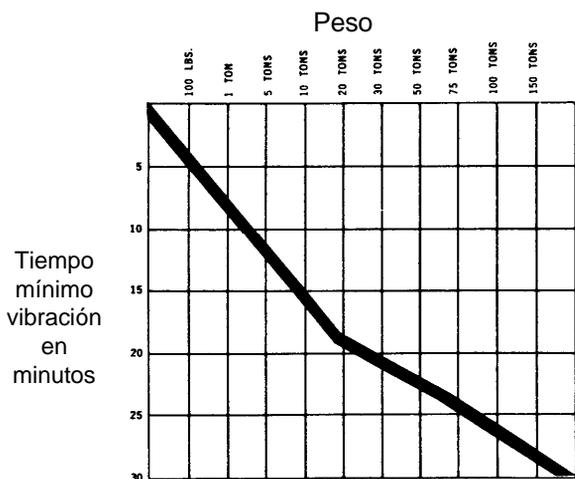


El equipo F62 puede trabajar también en modo automático. La máquina trabajará durante 15 minutos en tres ciclos distintos de velocidad. Esto es suficiente para estabilizar una pieza de hasta 10 toneladas de peso. Para piezas mayores se emplearán dos períodos consecutivos de 15 minutos.



El punto de resonancia se determina variando la velocidad del vibrador hasta alcanzar la amplitud deseada. Una vez localizado, se vibra la pieza por un tiempo en relación al peso (*ver gráfico*). El tiempo de trabajo puede variar entre diez minutos y una hora dependiendo del tamaño de la pieza. Si se trata de una pieza muy grande, será necesario aplicar el equipo en varios puntos diferentes.

La gráfica que vemos debajo representa el tiempo mínimo al que debemos someter a vibración a la pieza; si nos excedemos en el tiempo de aplicación no ocurre nada pues el exceso de vibración no genera efectos negativos en el material.



Para un buen estabilizado de han de cumplir dos reglas básicas: aislar la pieza del suelo tanto como sea posible para hacerla vibrar con libertad y aplicar de manera firme el vibrador a la pieza mediante sargentos de apriete, tornillos, etc.

Para piezas pequeñas, de precisión, de fundición y pequeños conjuntos soldados, el F62 incorpora como accesorio, la mesa vibradora "Loadmaster 2000". Dispone de una suspensión neumática totalmente ajustable que le ofrece un excelente aislamiento y que trabaja con el suministro de aire de cualquier taller. El motor se aplica por debajo de la mesa y ésta transmite la vibración. La mesa vibradora hace posible el alivio de esfuerzos residuales en moldes, juegos de matrices, pequeños ejes, etc, pudiéndose amarrar varias piezas a la vez durante el mismo tratamiento.

Estabilizado de eje sobre mesa vibratoria



### **Prestaciones y limitaciones del F62**

El proceso de estabilizado se puede usar en una amplia variedad de metales ferrosos y no ferrosos, incluyendo aceros al carbono, aceros inoxidable, aluminio, hierro fundido, manganeso, etc. Además es aplicable en una gran variedad de formas y tamaños.

El tratamiento por vibración no es tan efectivo en materiales laminados en frío, extruidos, endurecidos por deformación plástica, trabajados en frío y materiales endurecidos por solidificación de una fase.

El F62 no puede evitar o eliminar deformaciones o combaduras debidas a los efectos del calor y no alisará ni enderezará piezas.

Una de las ventajas más destacadas del estabilizado por vibración es su capacidad para aliviar tensiones en cualquier momento de la etapa de fabricación, como por ejemplo, después del desbastado, el perforado o el rectificado. En la foto inferior podemos ver la aplicación de vibración a un paquete de chapa recién recepcionado de cara a reducir torsiones tras pasar por la línea de corte.



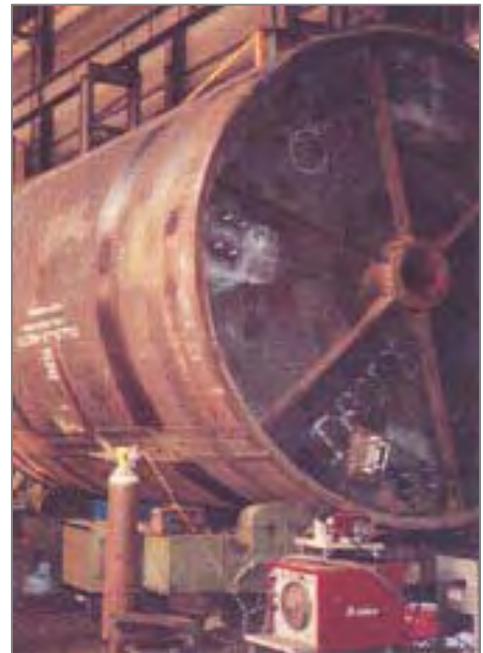
### **Una alternativa en el alivio de esfuerzos**

Ninguno de los tratamientos que existen informa en relación a las tensiones que se han eliminado.

El equipo F62 es un estabilizador de tensiones, una herramienta más del taller; no nos permite el medir tensiones iniciales y tensiones finales. Para medir esfuerzos residuales, hay una serie de métodos más o menos costosos como los rayos-x, por ejemplo.



Para construcciones soldadas, el alivio de esfuerzos se puede realizar durante la soldadura, lo que es de gran ayuda en la prevención de la acumulación de esfuerzos que podrían provocar la quebradura o deformación de algunas secciones. La soldadura produce grandes cambios de temperatura en poco tiempo; si aplicamos vibración mientras soldamos o inmediatamente después del soldeo, atenúamos enormemente las tensiones generadas.



Tenemos que considerar al F62 como una alternativa al resto de tratamientos pero con una serie de ventajas clave: controlamos el proceso en nuestro propio taller, lo podemos llevar a cabo en cualquier momento del proceso de fabricación y mantenemos las propiedades del material y la pieza dentro de tolerancias.

Si el fabricante sigue llevando las piezas a horno porque siempre se ha hecho así, es necesario un cambio de mentalidad. El ahorro en gastos de transporte va a ser total y el acabado de las piezas va a ser el mismo.



## Manejo del estabilizador de tensiones

La forma de trabajar con el estabilizador es extremadamente sencilla. Simplemente hay que cumplir dos reglas: aislar perfectamente del suelo la pieza a distensionar y amarrar firmemente el motor vibrador a dicha pieza.



Con el control de vibración de la consola controlaremos la frecuencia de vibración y con un acelerómetro que también se fija a la pieza, visualizaremos cómo está vibrando ésta. La impresora de la máquina registra el trabajo que hemos realizado.



El acelerómetro nos puede ayudar a buscar el punto de resonancia de la pieza. La resonancia es el punto en el que las moléculas metálicas se están agitando con mayor excitación. Es el punto óptimo para estabilizar. La búsqueda de la resonancia por medio del acelerómetro nos puede llevar de uno a dos minutos, pero de ésta manera, reduciremos enormemente el tiempo de vibración al que vamos a someter a la pieza.

Hay muchos usuarios que no buscan la resonancia de la pieza; simplemente eligen una frecuencia de vibración según el peso de la pieza y la dejan vibrando por debajo de la resonancia durante más tiempo.

La máquina también puede trabajar en modo automático. Trabaja durante 15 minutos en tres ciclos de 5 con tres frecuencias de vibración diferentes.

El estabilizador puede trabajar hasta con piezas de 150 toneladas. Cuando se trata de piezas grandes, suele haber que aplicar el motor de vibración en varios puntos. Lo ideal es ir colocando el motor cada 3 metros.





Componente de máquina especial



Base para pie de máquina



Bancada



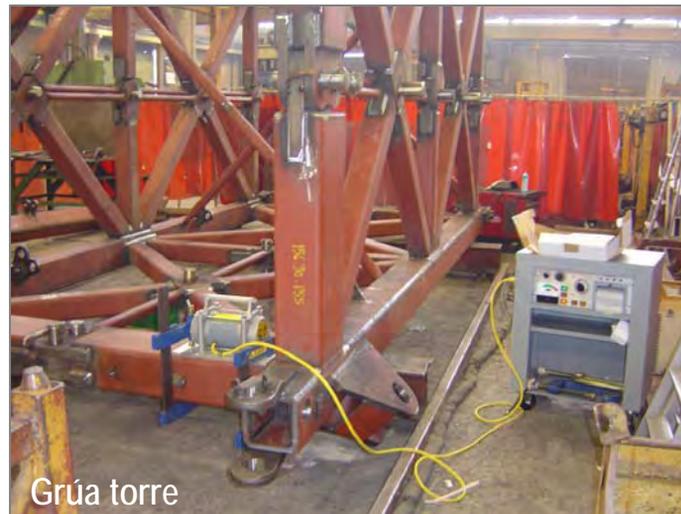
Mesa de mandrinadora



Máquina para industria minera



Chasis de prensa





Marco para puertas de horno



Cabezal de mandrinadora



Chapón antes del corte



Molde



Yugo para coladas de acero



Tubería soldada



Utillaje de aluminio



Carcasa de motor



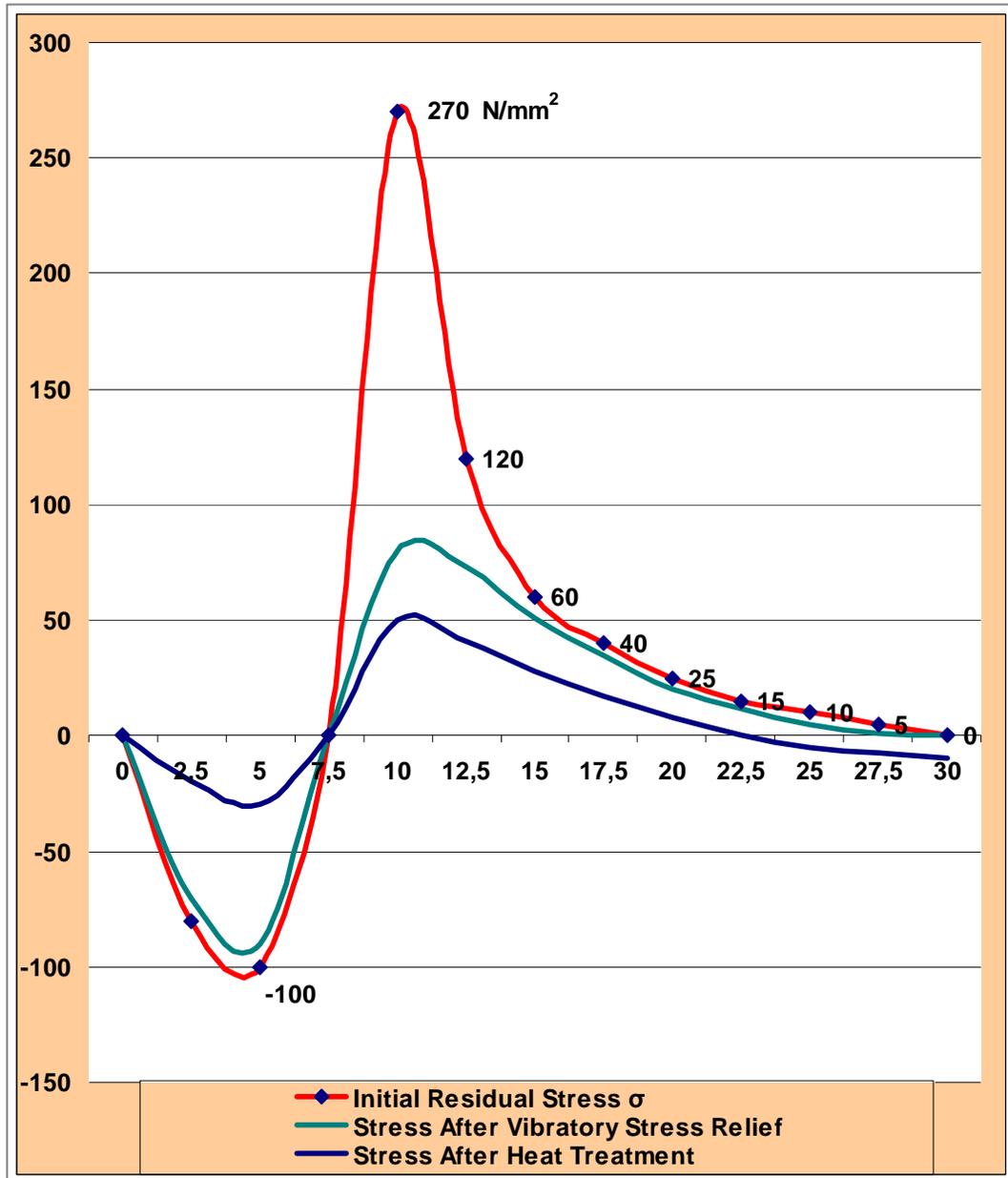
Utillaje de alto factor de seguridad



Carro de prensa de 20 ton.

*Máquina conforme a normativa C.E.*

Fuente: American Society for Testing and Materials (Philadelphia, 1988)





Associação Brasileira de Soldagem

XXX CONSOLDA – Congresso Nacional de Soldagem  
Del 13 al 15 de septiembre del 2004 Rio de Janeiro – RJ

### 8. CONCLUSIONES

En primer lugar, se observa que mientras las muestras que habían sido tratadas con calor reflejan una disminución de la resistencia a la tensión y un aumento de la elongación, como era de esperar, el método de vibración prácticamente no altera esos valores, no se tiemplan, normalizan o endurecen por calor ni modifican las propiedades mecánicas del material.

En segundo lugar, las energías absorbidas en la prueba de impacto son prácticamente las mismas. Ninguna de las muestras se rompió, lo que indica que el material soldado es dúctil porque tiene una cantidad considerable de ferrita, como se puede observar en las micrografías. La disminución en la dureza resultante de ambos tratamientos fue similar, lo que indica una reducción efectiva de tensiones residuales.

La conclusión de que se podría alcanzar sería que el calor y métodos de vibración son equivalentes para propósitos prácticos. Los autores acuerdan, sin embargo, que una prueba realizada con una sola pieza de la muestra tratada con cada método no es suficientemente representativa para llegar a conclusiones válidas. No obstante, los autores creen que la conclusión preliminar de este trabajo puede alentar a otros investigadores a considerar seriamente la posibilidad de una investigación más a fondo del método de vibración para alivio de la tensión.

En algunos casos, el alivio de tensión por vibración puede ser utilizado como una opción más conveniente para el tratamiento térmico, como por ejemplo cuando la pieza es demasiado grande para ser transportada y colocada en un horno. En estos casos, la posibilidad de llevar a cabo el alivio de tensión en el lugar, sin necesidad de mover la pieza es una clara ventaja. Un ejemplo sería una torre petroquímica.

Por otra parte, piezas en cantidades grandes y fáciles de manejar, como secciones de tuberías prefabricadas, pueden ser convenientemente termo tratadas en un horno por grupos.

**Fuente: ENSAM (París) para INASMET (San Sebastián)**  
**Valores de tensiones obtenidos sobre cordón de soldadura.**

	TR sin aliviar	TR aliviadas mediante TT	TR aliviadas mediante vibración
Acero al carbono tipo F-114	215	28	32
	287	26	27
	234	27	25
	246	32	24
	250	26	25

	TR sin aliviar	TR aliviadas mediante TT	TR aliviadas mediante vibración
Acero al carbono tipo F-114	-154	-9	15
	-97	12	-12
	-112	-34	9
	-94	-16	-10
	-85	-4	-15

### *Algunos ejemplos de usuarios del estabilizado por vibración en España*

En la actualidad, en España, hay una gran cantidad de pequeños talleres y caldererías que están usando el alivio por vibración como alternativa efectiva al tratamiento térmico en horno. La lista es muy grande, así que únicamente vamos a citar algunas empresas bastante conocidas que actualmente estén usando este procedimiento; cabe destacar también que en este listado hay dos empresas de tratamientos térmicos que han incorporado la vibración en su oferta de servicios.

- NAVANTIA (Antiguo IZAR. Astillero de Cartagena)
- FAGOR
- Grupo DURO FELGUERA
- AERNNOVA (Antigua GAMESA Aeronáutica)
- REPSOL
- SORALUZE
- DANOBAT
- AIREUROPA
- SIDERURGIA PIRTUGUESA
- SIDENOR
- ARISA (Fabricante de maquinaria en Logroño)
- ABM (Fabricante de prensas en Logroño)
- MUNARRIZ (Fabricante de maquinaria en Tudela)
- BERMAQ (Fabricante de maquinaria en Barcelona)
- TOPRE (Fabricante de moldes en Barcelona)
- MACNENY (Fabricante de máquina para minería en León)
- JUARISTI (Fabricante de mandrinadoras en Guipúzcoa)
- VERDES (Fabricante de maquinaria en Barcelona)
- INDAR (Fabricante de motores en Guipúzcoa)
- METALTERMICA GAI (Empresa de tratamientos térmicos en Vizcaya)
- Tratamientos Térmicos IURRETA (Hornos en Vizcaya)
- MEKANIKALAN (Grandes mecanizados en Vitoria)

*Algunos ejemplos de usuarios del estabilizado por vibración en el mundo*

Alcoa Aluminum  
Boeing  
Canron Ltd.  
Aramco  
Chem Tex Fibers  
Firestone Tire & Rubber  
Crenlo Mfg.  
Dayton Rogers Mfg.  
Di-Arco Inc.  
Decatur Mold  
General Motors  
Avco Systems  
Emerson Electric  
Cameron Iron Works  
Allis-Chalmers  
Northrop Corp.  
Ameron Corp.  
Browne & Sharpe  
States Engr. Co.  
Onan Corp.  
Avco Lycoming  
FMC Corp.  
Kennecott Copper  
Eastman Kodak  
San Juan Coal  
Martin Marietta  
Ingersoll-Rand Co.  
Thiokol Corp.  
Excello  
Cessna Aircraft  
Pioneer Astro Ind.  
Waukesha Bearing  
Aeroquip — Aerospace Div.  
Delaval Separator Co.  
Stone Safety Corp.  
Mitsui — *Japan*  
Ferio Del Pacifico — *Peru*  
Delco Remy  
Holstein-Kappert — *Brazil*  
Hydraulic Research  
Borg-Warner  
Fluor Ocean Services  
Aerojet-General Corp.  
General Electric  
LTV Vought Systems  
Cincinnati Milacron  
Ingersoll Milling Machine  
Gleason Works  
Minster Machine  
Combustion Engineering  
Cellier S.A. — *France*  
Jones & Lampson  
Voest-Alpine

National Electric Coil  
United States Army  
Johnston Pump  
Storm-Vulcan, Inc.  
Lockheed Aircraft  
Link Belt Co.  
McNally Bharat — *India*  
Yale Industrial Products  
Oscar Mayer & Co.  
Mold-Matic Co.  
Reliance Electric  
Dae Woo — *Korea*  
Teledyne-Ryan  
Southern Railway Co.  
Walt Disney World Ent.  
Bell Helicopter  
Gates Rubber  
IRD Mechanalysis  
Cambell Grinder  
U.S. Army Corps of Engineers  
Hyundai Shipbuilding — *Korea*  
Lawrence Livermore Labs.  
Mitsubishi Motors — *Japan*  
Rockwell International  
Superior Steel Prod. Corp.  
Bullard Co.  
Taiwan Power Co. — *Taiwan*  
Teledyne Casting Service  
Massie Tool & Mold  
Uddeholm Steel — *Sweden*  
Gates Learjet  
Marathon LeTourneau  
Gould Pump  
Brown & Root, Inc.  
Dow Chemical Co.  
Dake Corporation  
American Hoist Company  
Mixing Equipment Co.  
Great Northern Paper  
Wean United  
Accurate Mold — *Canada*  
Whitaker Corp.  
Xerox Corp.  
Burlington Northern R.R.  
Jetline Engineering  
Le Blond Makino  
Marine Industries Foresteel Div.  
— *Canada*  
Ecolaire Canada, Ltd.  
Citroen — *France*  
Hydraudyne — *Holland*  
Avibras-Industria  
Aerospacial S.A. — *Brazil*

Eaton Corp.  
Chrysler Corp.  
Gallmeyer & Livingston  
American Can Co.  
Thompson Metal Fab.  
McDermott Dubai — *Saudi Arabia*  
Michelin Tire, Ltd. — *Canada*  
Industries Roma — *Brazil*  
Maschinenfabrik — *Germany*  
Metka S.A. — *Greece*  
Project Engineering Co., Ltd. —  
*South Africa*  
Engel — *Canada*  
Toyo Food Co. — *Japan*  
Oxford Foundry & Machine Co. —  
*Canada*  
Harris Economy, Ltd. — *England*  
A.P.V. Mitchell (Dryers), Ltd. —  
*England*  
Bharat Earth Movers — *India*  
Johns-Manville Co., Ltd. — *Canada*  
Yang Iron Works — *Taiwan*  
Chittaranjan Locomotive Works —  
*India*  
Fundicion Monclova S.A. —  
*Mexico*  
Pohang Iron & Steel — *Korea*  
Dillingham Corp. — *Canada*  
Constantino Barari — *Argentina*  
Construcoes Metalomecanicas —  
*Portugal*  
Elecon Engineering Co., Ltd. —  
*India*  
Quenton Steel, Ltd. — *Canada*  
Westinghouse Elect. Corp.  
Paul Munroe Hydraulics  
American Grinding & Machine  
Tool Co.  
Stork VMF — *Holland*  
Moore Special Tool Co.  
White Farm Equipment  
IBM  
Bridgeport Machine  
Corning Glass  
Illinois Central Gulf R.R.  
Barrie Welding — *Canada*  
Murata Machinery, Ltd. — *Japan*  
Caterpillar Tractor  
Emil Jeager — *Germany*  
Aerospatiale — *France*  
John Deere  
U.S. Electrical Motors  
Howmet Corp.