

## TÍTULO DE PATENTE NO. 343514

**Titular(es):** UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

**Domicilio:** Lascurain de Retana # 5, Colonia Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO

**Denominación:** PROCESO Y SISTEMA PARA MEDICIÓN DEL DESGASTE MEDIANTE PROCESAMIENTO ACÚSTICO

**Clasificación:** Int.Cl.8: G01N29/04; G01N3/56; G10K1/00

**Inventor(es):** ADRIANA SUAREZ HERNANDEZ; HECTOR PLASCENCIA MORA; GUSTAVO CERDA VILLAFAÑA; JACINTO SERNA ALVAREZ; FELIX HERNANDEZ RENTERÍA

### SOLICITUD

<b>Número:</b>	<b>Fecha de presentación:</b>	<b>Hora:</b>
MX/a/2012/001293	30 de enero de 2012	10:01

### PRIORIDAD

<b>País:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Número:</b>
--------------	---------------	----------------

**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 30 de enero de 2032

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

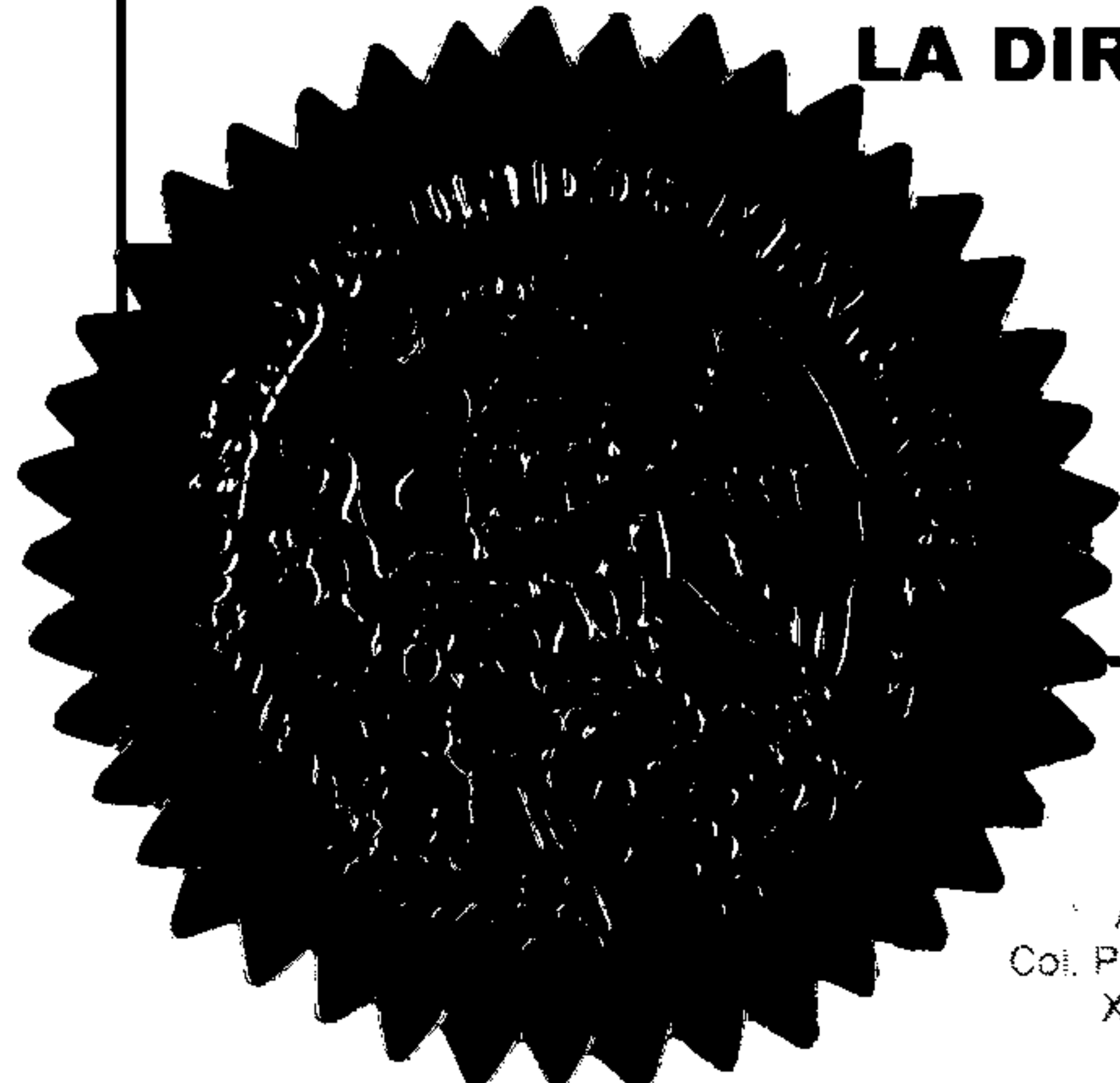
Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009, 08/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 18 de octubre de 2016

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES



NAHANNY CANAL REYES



RU

343514

~~2012/1293~~



**PROCESO Y SISTEMA PARA MEDICIÓN DEL DESGASTE  
MEDIANTE PROCESAMIENTO ACÚSTICO**

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

5 Un proceso para el tratamiento de la señal acústica con la finalidad de cuantificar la magnitud del desgaste en un par tribológico, el cual consiste en amplificar la señal eléctrica obtenida por el o los transductores acústicos, filtrar el ruido generado por la etapa de amplificación, filtrar con un pasa altas; el cual puede ser calibrado de acuerdo a las frecuencias que se deseen analizar permitiendo así determinar el momento en que el sonido

10 emitido por el desgaste termina y un convertidor de señal de corriente alterna a señal de corriente directa para análisis de la amplitud del sonido. También se realiza la calibración mediante la obtención de valores experimentales con ayuda de un microcontrolador el cual hace un historial de las señal acústica ya tratada durante un periodo de tiempo que comprende la magnitud del tiempo total que tarda en actuar el lubricante y una regresión

15 numérica para generar la curva de referencia. Se presenta también un sistema portátil de bajo costo y fácil implementación para medición del desgaste en contactos tribológicos caracterizado para implementar el proceso el proceso.

ANTECEDENTES

20 En todos los sistemas mecánicos de diversas aplicaciones tales como equipos industriales, vehículos, generadores de energía eléctrica, molinos, etc. Existen piezas en contacto las cuales sufren desgaste por la fricción y principalmente durante el periodo de

arranque, ya que inicialmente el agente lubricante aún no entra en contacto con dichas piezas.

En el estado de la técnica actual existen diversos sistemas para medir la eficiencia de los lubricantes, en la patente US 4,966,032 se muestra un instrumento para probar la capacidad de un lubricante en base a la medición de la vibración obtenida mediante un sensor sumergido en el depósito del aceite, en la patente US 5,884,264 se presenta un arreglo y un método para identificar el tipo de daño mecánico en un sistema en operación que está compuesta por múltiples partes, en base a la comparación del sonido emitido con una base de datos de diversos sonidos de referencia, dichos sonidos de referencia tienen una duración de un segundo. Estas patentes sin embargo, no permiten determinar el grado de desgaste que ha sufrido uno de los componentes de un par de contacto tribológico durante los periodos de arranque en donde es más crítico, ya que el lubricante se encuentra frío y en algunos casos no ha llegado a la superficie de contacto. Una aplicación demostrativa más no limitativa, es la evaluación de la calidad de un lubricante en función de la velocidad de desgaste presentada en un contacto tribológico, mediante la aplicación de la prueba normalizada ASTM D2782-01 “Standard Test Method for Measurement of Extreme Pressure Properties of Lubricating Fluids (Timken Method)”. Dicha prueba consta de un disco rotatorio en contacto con el lubricante contenido en un depósito; antes de dar inicio a la prueba se lubrica el disco rotatorio encendiendo el elemento motriz durante 30 segundos para permitir que el lubricante a evaluar entre completamente en contacto con la pista del disco rotatorio. El elemento motriz debe proporcionar al disco rotatorio una velocidad angular de  $800 \pm 5$  revoluciones por minuto. Una probeta esférica de material conocido se presiona contra la pista del disco rotatorio mediante un mecanismo de sujeción y de

aplicación de carga. Se aplica una carga normal controlada desde que el disco rotatorio se encuentra en reposo; dicha carga también es aplicada en base a norma.

La evaluación que se realiza actualmente mediante la prueba Timken sólo contempla inicialmente el recubrimiento con el lubricante en uno de los contactos tribológicos, permitiendo evaluar el desgaste ocasionado en la probeta esférica; ya que en esta el lubricante a evaluar aun no recubre de manera suficiente para minimizar el daño que sufre el contacto tribológico.

Debido a la fricción inicial se genera un sonido agudo, el cual termina cuando las propiedades del lubricante comienzan a actuar para minimizar el daño provocado en la probeta esférica. Durante este lapso de tiempo ocurre el mayor desgaste sufrido por la probeta esférica en toda la prueba. El desgaste está directamente relacionado con la intensidad del sonido producido; así como la duración del sonido está relacionada con el momento en que el lubricante actúa de forma adecuada en el contacto tribológico.

El desgaste obtenido por esta prueba generalmente presenta una huella de geometría elíptica (casi circular), en algunos otros casos la huella sufre una deformación debido a la mala calidad del lubricante; pero en todos los resultados se considera que el diámetro de interés se aprecia en dirección del desgaste. Siendo la magnitud de este diámetro la principal variable para determinar si un lubricante es de buena o mala calidad.

En este nuevo sistema se propone el análisis acústico de la intensidad del sonido en tiempo real; ya que actualmente la prueba tiene que ser detenida en el momento en el que el sonido deja de ser agudo para permitir la medición de magnitud de la huella, posteriormente reinstalar la probeta esférica para continuar la prueba. Este paro momentáneo de la prueba influye en la calidad de las variables que se miden

posteriormente al paro; por ejemplo, las variables de temperatura comienzan a disminuir y la potencia exigida por el motor tiende a bajar, reanudando la prueba con condiciones diferentes a las que se tendrían si la prueba no fuera detenida.

Es por ello que es de gran importancia conocer el diámetro de la huella sin necesidad de parar la prueba en un N-espacio de tiempo. Con ayuda del sistema para medición del desgaste mediante procesamiento acústico; este paro de la prueba es excluido y así se obtiene la medición de las variables de una forma continua durante todo el proceso de la prueba.

10

15

20

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para determinar el diámetro de la huella ocasionado por el desgaste en un par tribológico.

Figura 2. Componentes del sistema de medición acústico.

5 Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la señal acústica.

Figura 4. Análisis de calibración mediante la obtención de valores experimentales y proceso de regresión numérica para generación de la curva de referencia.

10

15

20

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Se propone un nuevo sistema y un proceso para determinar teóricamente el diámetro de la huella ocasionado por el desgaste en contactos de par tribológico mediante el procesamiento de señales acústicas adquiridas mediante un arreglo electrónico y almacenando un historial de las señales acústicas ya tratadas en un microcontrolador durante un periodo de tiempo que comprende la magnitud del tiempo total que tarda en actuar el lubricante y una regresión numérica para generar la curva de referencia con apoyo de programas de cálculo. En la figura 1 se muestra un diagrama de flujo del proceso para determinar el diámetro de la huella ocasionado por el desgaste en un par tribológico, el cual consiste en: 1) Identificar el par tribológico sujeto de análisis (una chumacera, un buje, un pistón, etc.), 2) identificación y colocación idónea del transductor piezoeléctrico para la mejor recepción acústica, 3) identificación de la menor amplitud del sonido que se desea analizar para la correcta calibración de todo el sistema, 4) calibración mediante la obtención de valores experimentales utilizando un proceso de regresión numérica para generar una curva de referencia, 5) implementación de la formula en el dispositivo electrónico para la visualización del diámetro de huella calculado teóricamente y 6) determinación del tiempo que tarda el lubricante en comenzar a actuar para minimizar el daño provocado en el par tribológico.

Para implementar físicamente este proceso se propone un sistema como el que se muestra en la figura 2, que se caracteriza por contener:

1. Uno o varios transductores piezoeléctricos.
2. Un amplificador de señal.
3. Un dispositivo electrónico para la eliminación del ruido.

4. Un filtro pasa altas.
5. Uno o varios resistores variables para la calibración del intervalo de la señal acústica a evaluar.
6. Un led que sirve de apoyo a la calibración del intervalo de la señal acústica a evaluar.
7. Un convertido de voltaje de corriente alterna a voltaje de corriente directa.
8. Uno o varios microcontroladores para el tratamiento de los valores obtenidos por el transductor piezoeléctrico.
9. Una interfaz para muestreo de los resultados.
10. Una fuente de poder para energizar todos los dispositivos electrónicos.

La principal ventaja que ofrece este novedoso sistema es la determinación del diámetro de huella provocado por el desgaste en tiempo real así como el tiempo en que tarda el lubricante en actuar en el contacto tribológico. El funcionamiento del sistema se describe en la figura 3; en esta se muestra el diagrama de flujo del tratamiento de la señal obtenida por el transductor piezoeléctrico la cual se divide en 7 etapas, que se describen a continuación:

Etapa 1.- Obtención de la señal acústica con ayuda del transductor piezoeléctrico: El efecto piezoeléctrico consiste en una aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto reversible de modo que al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación. El transductor piezoeléctrico tiene una alta sensibilidad y cuenta también con una alta rigidez mecánica, lo cual es conveniente para la medida de variables de esfuerzo (fuerza, presión). Por lo tanto, el transductor piezoeléctrico permite realizar la



conversión entre las variaciones de presión sonora y variaciones de nivel en una corriente eléctrica. En la colocación del transductor piezoeléctrico se considera la sensibilidad con que es capaz de captar una señal acústica según el ángulo en el cual se obtenga el mayor voltaje sin llegar a saturar el transductor.

5           Etapa 2.- Amplificación: La señal que se obtiene del transductor piezoeléctrico está dada en el orden de milivolts, lo cual no permite analizar adecuadamente las variaciones que presenta la membrana del transductor. Por lo tanto la etapa de amplificación permite un mejor análisis de la señal acústica producida por el contacto tribológico.

10           Etapa 3.- Eliminación del ruido: El transductor piezoeléctrico produce ruido propio aun sin la existencia de alguna señal externa que lo excite. Por ello se implementan circuitos integrados que cuentan con técnicas de proceso para conseguir bajo ruido, alta velocidad y un amplio ancho de banda sin decrementar la estabilidad de la señal acústica.

15           Etapa 4.- Filtro pasa altas: La etapa de filtrado permite descartar bajas frecuencias y sólo analizar aquellas en las cuales pueda encontrarse la mayor amplitud acústica detectada por el transductor piezoeléctrico.

20           Etapa 5.- Calibración de la amplitud del sonido a evaluar: El sistema permita calibrar la señal acústica de menor valor que se necesita considerar para determinar el valor de la magnitud del tiempo en que tarda en actuar el lubricante en el contacto tribológico. Dicho valor de intensidad acústica se determina en función de la calidad deseable que se espera obtener del lubricante.

          Etapa 6.- Convertidor de voltaje de corriente alterna a voltaje de corriente directa: Es necesario conocer la amplitud de la señal acústica en voltaje de corriente directa, ya que el sistema para medición del desgaste cuenta con un dispositivo electrónico el cual es

programado con la ecuación obtenida por el proceso de ~~regresión numérica~~. Este dispositivo trabaja con voltajes de corriente directa, lo cual permite la evaluación de voltajes a partir de 0 Volts, teniendo como limite una amplitud máxima de 5 Volts.

5 Etapa 7.- Tratamiento de datos: El dispositivo electrónico procesa los datos con la programación indicada para el análisis del contacto tribológico a estudio mostrando los resultados en interfaz grafica unos instantes después de que el lubricante comienza a actuar en el contacto tribológico.

10 El la figura 4 se ejemplifica el procesamiento de las pruebas que se realizan para la correcta calibración de la ecuación de regresión numérica. La obtención de la ecuación se obtiene mediante el análisis de los datos con ayuda de programas de cálculo.

### EJEMPLOS

15 La aplicación de la prueba TIMKEN para la evaluación de la calidad de un lubricante en función de la velocidad de desgaste presentada en un contacto tribológico; consta de un disco rotatorio en contacto con el lubricante contenido en un depósito; antes de dar inicio a la prueba se lubrica el disco rotatorio encendiendo el elemento motriz durante 30 segundos para permitir que el lubricante a evaluar entre completamente en contacto con la pista del disco rotatorio. El elemento motriz debe proporcionar al disco rotatorio una velocidad angular de  $800 \pm 5$  revoluciones por minuto. Una probeta esférica de 20 material conocido se presiona contra la pista del disco rotatorio mediante un mecanismo de sujeción y de aplicación de carga. Se aplica una carga normal controlada desde que el disco rotatorio se encuentra en reposo; dicha carga también es aplicada en base a norma.

En la figura 5 se muestra la aplicación del sistema para medición del desgaste mediante procesamiento acústico aplicado a la prueba Timken conformada de los siguientes elementos:

1. Fuerza normal aplicada.
- 5 2. Brazo de palanca para la aplicación de la carga puntual sobre la probeta esférica.
3. Probeta esférica.
4. Sujetador de la probeta esférica.
5. Sujetador del transductor piezoeléctrico.
6. Transductor piezoeléctrico.
- 10 7. Pista normalizada por la prueba Timken.
8. Deposito del lubricante a evaluar.
9. Led que indica la medición de la señal acústica.
10. Cable para el envío de la señal electrónica dada por el transductor piezoeléctrico.
11. Contenedor del arreglo electrónico que conforma todo el sistema.
- 15 12. Interfaz grafica en la que se muestra los resultados obtenidos.

Con la aplicación de este sistema y proceso para la medición del desgaste por medio de procesamiento acústico la prueba TIMKEN se realiza de forma continua sin la necesidad de hacer un paro para la medición del desgaste ocurrido en la probeta esférica en el contacto de par tribológico.

