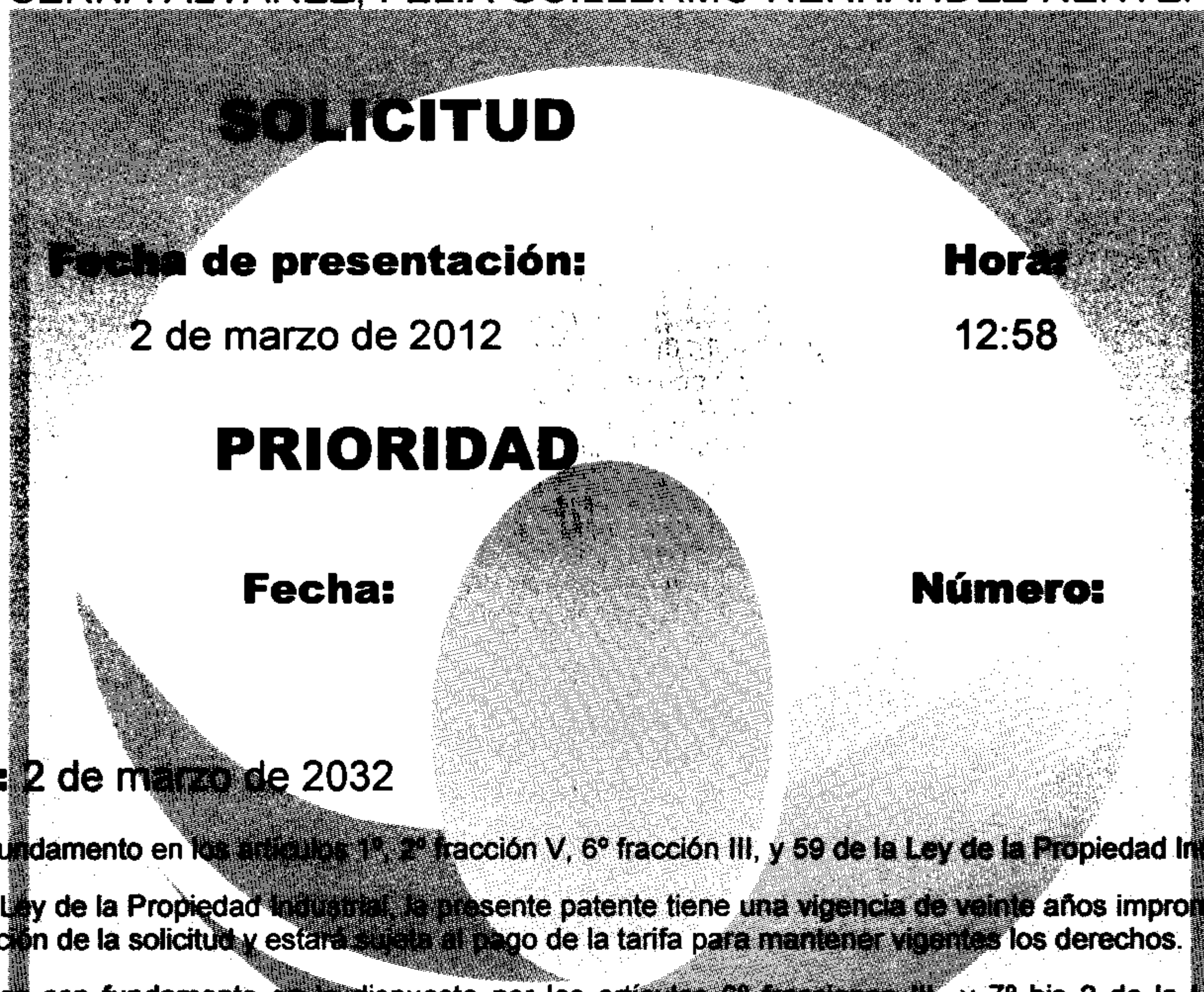
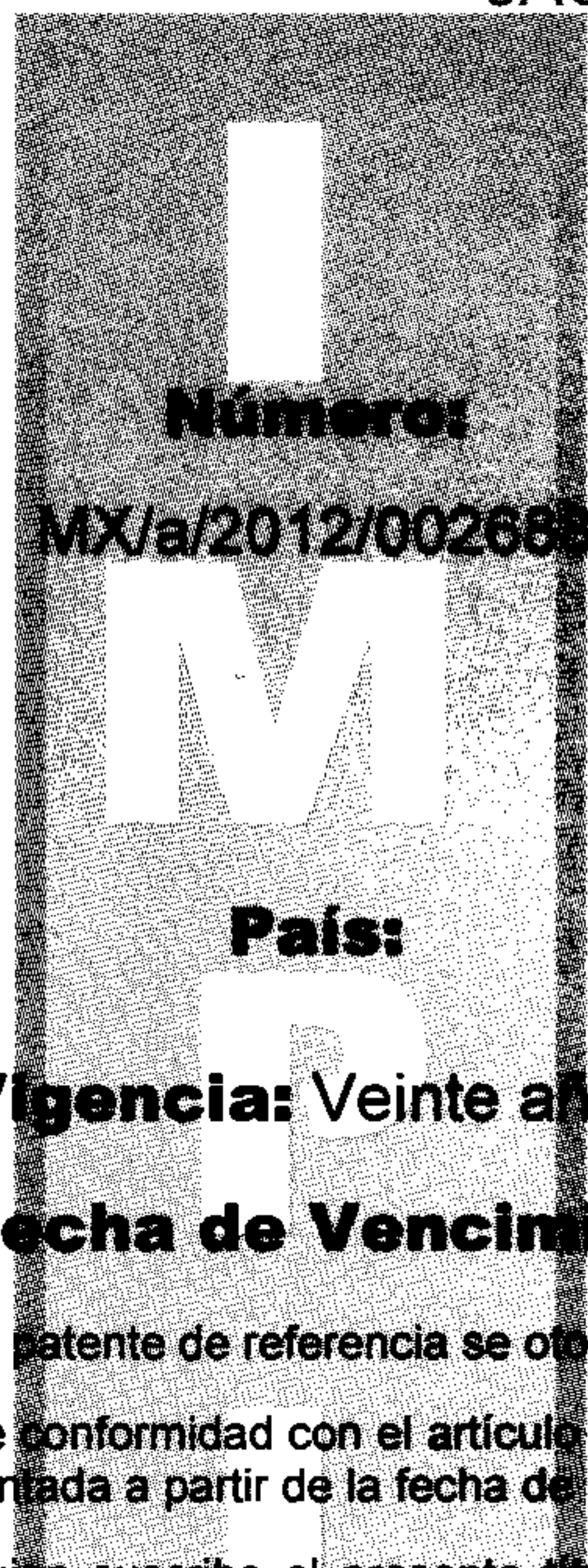


TÍTULO DE PATENTE NO. 338020

Titular(es): UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
Domicilio: Lascurain de Retana No. 5, Col. Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO
Denominación: SISTEMA PARA MEDICIÓN DE DESGASTE EN PRUEBAS TRIBOLÓGICAS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES
Clasificación: Int.Cl.8: G01B11/02; G01C11/28; G01C3/06; G01N19/02
Inventor(es): ALEJANDRO SUÁREZ HERNÁNDEZ; HÉCTOR PLASCENCIA MORA; JUAN GABRIEL AVIÑA CERVANTES; OSCAR GERARDO IBARRA MANZANO; JACINTO SERNA ÁLVAREZ; FELIX GUILLERMO HERNÁNDEZ RENTERÍA



Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 2 de marzo 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.) 27/05/1991, 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, 06/01/2010, 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, 29/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 2º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 20 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: 17 de agosto de 2015

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES

NAHANNY CANAL REYES



SISTEMA PARA MEDICIÓN DE DESGASTE EN PRUEBAS TRIBOLÓGICAS
MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

DESCRIPCIÓN



OBJETO DE LA INVENCION

- 5 Un sistema y un proceso para medir la longitud de la huella del desgaste en piezas de prueba que han sido sometidas a ensayos de desgaste a presiones extremas, mediante procesamiento de imágenes, para determinar la capacidad de carga de lubricantes líquidos.

ANTECEDENTES

- 10 Tanto en la industria como en el hogar, ningún elemento de máquina que se encuentre en movimiento es inmune al desgaste que se presenta cuando éste entra en contacto con otro cuerpo. El desgaste causa una disminución en la eficiencia del funcionamiento del equipo y una reducción significativa en su tiempo de vida. Éste suceso tiene mayor impacto cuando se pone en marcha el dispositivo mecánico, ya que
15 generalmente el agente lubricante que se encuentra adherido a la pared del cuerpo desprende residuos de las superficies metálicas a causa del cambio en el estado del fluido, es decir, pasar de una condición de reposo a una condición de película fluida.

- En la técnica actual existen diversas normas y técnicas específicas para determinar la capacidad de carga de los lubricantes fluidos a presiones extremas, por ejemplo la norma
20 ASTM D2782, indica el uso de un disco rotatorio acomodado en un cárter lleno del aceite a probar. El disco se encuentra girando y por medio de una relación de brazo de palanca se

aplica presión a un objeto de prueba contra el disco, dicho objeto de prueba puede ser un balín o un rodillo de acero. Durante el lapso de tiempo que se encuentre el objeto de prueba en contacto con el disco, éste sufre cambios en su temperatura así como también pérdidas de masa y cambios geométricos, esto a causa del desgaste que se genera por el contacto y el movimiento relativo existente entre los cuerpos de metal correspondientes al disco y el objeto de prueba.

Usando esta prueba es posible establecer la efectividad de las propiedades que tiene un aceite para poder ser empleado como lubricante en un equipo mecánico. Esta resolución se puede alcanzar de diversos factores obtenidos al final de la prueba como puede ser: 1) la temperatura máxima que alcanza el aceite, 2) la temperatura máxima alcanzada en el punto de contacto entre el objeto de prueba y el disco, 3) el tamaño de huella, o ralladura que queda al final en el objeto de prueba, 4) la masa perdida en el objeto de prueba, 5) la fuerza que se requiere aplicar para que el objeto de prueba se detenga ya sea por presión o por fricción, etc. Integrado al aparato de prueba de la norma ASTM D2782 se encuentra un motor eléctrico, que por medio de la potencia que transmite al disco mantiene una velocidad de giro constante y, dependiendo del coeficiente de fricción que se presente en el contacto del disco con el objeto de prueba, el amperaje en el motor tendera a variar de menor a mayor grado debido a la demanda de corriente por la flecha del motor, permitiendo conservar la velocidad de giro en el disco.

Entre los diversos factores que pueden determinar la calidad del aceite, el más significativo a simple vista resulta ser el tamaño de la huella generada por el desgaste que queda impreso en la probeta al final de la prueba. Sin embargo, si se desea hacer un registro de la dimensión de la huella resulta difícil conseguirla de manera manual; esto por la

geometría que posee el cuerpo de prueba y por que la magnitud de medida obtenida depende de una inspección visual a criterio del usuario que toma la lectura.

En general existen aplicaciones de tipo científico e industrial las cuales requieren de la identificación de las dimensiones de un cuerpo con geometría definida, principalmente para determinación del volumen de un objeto y así permitir su paso a la siguiente etapa, sea esta de análisis o de maniobra. La desventaja de este tipo de invenciones es que se enfocan principalmente en la identificación de formas, más no permiten determinar una medida concisa de la distancia, en unidades de longitud, en los instrumentos de prueba para aplicaciones tribológicas. La ventaja que representa la posibilidad de manejar un sistema de captura, adquisición y procesamiento de imágenes para pruebas de índole tribológica es que podrá determinar no sólo las dimensiones de las superficies afectadas en los elementos de prueba, sino que también brindaría un apoyo visual de los daños que pudieran tener los equipos mecánicos y así contribuir ya sea en medidas preventivas o correctivas a los equipos; que reditúan en el alargamiento de la vida de los mecanismos y en la disminución de costos.

En el estado actual de la técnica, existen diversas patentes encargadas de conseguir algún tipo de medición en una imagen, ejemplo de ello es la patente US 6,639,685 donde se muestra un sistema de medición de curvas de nivel que determina la información sobre la superficie tridimensional de un objeto, utilizando una técnica de proyección moiré para obtener un patrón de franjas único que se analiza mediante una imagen que sufre transformación de cambio de fase; mientras que en la patente US 4,673,817 se muestra un sistema de medición sin contacto de la distancia entre un punto predeterminado de la superficie de un objeto y un nivel de referencia en base a conceptos de trigonometría, por

último, en la patente US 5,795,990 se presenta un método y un aparato de prueba para medir el coeficiente de fricción, el par de fricción, la fuerza de fricción, desgaste por abrasión de las muestras, características de fricción en condiciones de frío y caliente, y las características de avance de una superficie sobre la otra por medio de saltos en un probador con alta rigidez en la transmisión de un par en combinación con una alta sensibilidad a los desplazamientos axiales de los especímenes de los materiales examinados. Estas patentes sin embargo, no ofrecen la capacidad de precisar el valor de desgaste que se vuelve visible en el objeto de prueba cuando éste ha sufrido un par de contacto tribológico, que dicho evento tiene mayor repercusión al momento de arranque, ya que el lubricante no se encuentra en estado de flujo laminar, teniendo como consecuencia una falta de contacto entre el lubricante y la superficie del cuerpo de prueba. Es por estas razones que nuestra propuesta posee las ventajas que se resumen en el uso de un programa de visión por computadora para medir la distancia de la huella que queda al final de las pruebas tribológicas, para que no se tenga la necesidad de recurrir a la precisión de la mano del hombre y también una base para mantener una altura de separación constante entre el objeto de prueba y la lente de la cámara, evitando así las variaciones en la posición de la lente con respecto al instrumento de prueba. El sistema propuesto para determinar la longitud de desgaste resultante en pruebas a presiones extremas, para probetas de prueba de tipo esférico, el cual se distingue por contar con un programa de visión computacional y una estructura para fijación de la cámara.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS



Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para determinar la longitud promedio de la huella de desgaste en la probeta de tipo esférico para pruebas de par de contacto tribológico.

Figura 2. Vista frontal, vista trasera, vista lateral izquierda y derecha y vista superior de la estructura para fijación de la cámara y el objeto de prueba.

Figura 3. Vista frontal de los elementos que componen al sistema para determinación de la longitud promedio de la huella de desgaste.

Figura 4. Diagrama de flujo para procesamiento de imágenes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Se propone un nuevo sistema y proceso para determinar la distancia promedio en huellas de desgaste, que quedan impresas en objetos de prueba de tipo esférico, resultantes de ensayos de par de contacto tribológico. El nuevo proceso se muestra en la figura 1 y consiste de los siguiente pasos: 1) posicionamiento de la probeta esférica en el brazo de palanca del aparato especializado para determinar la capacidad de carga de los aceites lubricantes a presiones extremas, 2) encendido del aparato previamente mencionado; en esta etapa se pueden realizar dos tipos de mediciones en la huella de desgaste, la primera que resulta de un breve periodo de tiempo (no mayor a 3 minutos) de encendido, donde se presenta un máximo de rechinado entre las paredes del disco del aparato y de la probeta esférica, a causa de la falta de película fluida del aceite entre los cuerpos, y la segunda que se deriva de extender la prueba hasta un lapso de diez minutos, 3) para cualquiera de los dos casos la probeta debe ser removida junto con una parte del brazo de palanca y son trasladados a la estructura para tomar fotografías, 4) en donde son debidamente acomodados tanto el brazo de palanca como la cámara, el brazo de palanca (en la parte

inferior de la estructura) de tal modo que la huella de desgaste quede frente a la lente de la cámara y la cámara (en la parte superior de la estructura) para 5) capturar la imagen, 6) dicha imagen es mandada a la computadora, al programa de visión por computadora, en donde el programa realiza las acciones de: cargar la imagen a color en el programa, 5 convertir la imagen a color en imagen a escala de grises, una primera acción de sustitución de los píxeles de la imagen que no son de interés por píxeles negros, para el análisis en la parte superior de la imagen, una operación de suavizado, una operación matemática de convolución de dos dimensiones para resaltar la zona de la huella, una segunda acción de sustitución de los píxeles de la imagen que están más allá del cuerpo esférico, que no son de 10 interés para el análisis por píxeles negros, una acción de discriminación, una acción de binarización, una tercera acción de sustitución por píxeles negros que están más allá del cuerpo esférico, una acción de negación de los valores de la binarización, una cuarta acción de sustitución por píxeles blancos en donde se suprime la mitad inferior de la imagen, una acción para determinar un radio preliminar de la huella, una quinta acción de sustitución 15 por píxeles blancos en donde se suprime todo valor que este más allá de la distancia del radio preliminar; con el tratamiento mencionado previamente queda la imagen capturada con un fondo blanco y la huella en color negro, después del tratamiento se prosigue por medio de funciones de geometría analítica determinar el radio promedio y consecuentemente el diámetro promedio de la huella en píxeles, 7) por último, el valor del 20 diámetro en píxeles es convertido a milímetros.

La principal ventaja que ofrece este novedoso sistema es la determinación de la distancia de la huella de desgaste mediante un proceso computarizado, evitando así que la medida del desgaste sea asignada a criterio del operador, quien realiza la prueba. El proceso

para llevar a cabo la acción de medición de desgaste previamente descrita se muestra en la figuras 1, mientras que la estructura de la base de fijación para la cámara y el objeto de prueba de tipo esférico se muestran en la figura 2. En las figuras 2 y 3 se describen los componentes que conforman al sistema para realizar la operación de medida de desgaste y que se encuentra constituida por veintitrés componentes principales: Una base de fijación del brazo de palanca y de la cámara (1), cuatro pilares de soporte de la base (2-5), cuatro tuercas superiores de fijación del aro de la cámara (6-9), cuatro tuercas locas de libre movimiento del aro de la cámara (10-13), cuatro tuercas inferiores de fijación del aro de la cámara (14-17), un aro de libre desplazamiento vertical (18), una cámara digital (19), una computadora (20), un aparato para determinar la capacidad de carga de los aceites lubricantes a presiones extremas (21), un brazo de palanca (22) y un balín de prueba (23). Las etapas que permiten determinar la longitud de desgaste de la huella a causa del par de contacto tribológico en objetos de prueba de tipo esférico se logra de la siguiente manera: Primero: Se instala el balín (23) con el que se realizara la prueba a un aceite lubricante determinado al brazo de palanca (22), dicho brazo de palanca (22) es montado en el aparato de prueba para determinar las propiedades de los aceites lubricantes a presiones extremas (21). Segundo: El aparato (21) es encendido y pasando un lapso determinado de tiempo, sea este de 1 segundo hasta 3 minutos o 1 segundo hasta 10 minutos; es apagado, entonces del aparato (21) se retira el brazo de palanca (22) siendo éste tomado de su extremo libre y es acomodado en la parte inferior de la base de fijación (1), mientras que en la parte superior de la base de fijación (1) se coloca la cámara digital (19), la cual es ajustada en el aro de libre desplazamiento vertical (18) y por medio de sus tuercas locas (10,11,12,13) que se encuentran embonadas a los pilares de soporte (2,3,4,5) el aro (18) puede deslizarse

verticalmente hasta conseguir un enfoque adecuado del balín (23) y de su huella, lo anterior se logra por medio de sus tuercas superiores de fijación (6,7,8,9) y de sus tuercas inferiores de fijación (14,15,16,17) las cuales son enroscadas en los pilares de soporte (2,3,4,5) para poder fijar la altura apropiada en el aro (18) dando como resultado una separación entre el balín (23) y la cámara digital (19) que sea apropiada para tomar la fotografía. Tercero: La imagen capturada de la huella de desgaste en el balín (23) por la cámara digital (19) es guardada en la computadora (20), en donde se procesa en un programa de visión computacional, en el que dicho programa realiza el proceso que se muestran en la figura 4. Dicho proceso es: cambio de tipo de imagen, es decir, modificar su formato de imagen a color por un formato de imagen en escala de grises, una acción de sustitución por pixeles negros de la parte superior de la imagen para suprimir cualquier forma por encima de la probeta esférica, por ejemplo un tornillo que sujeta la probeta al brazo de palanca, una operación de suavizado con la finalidad de disminuir la intensidad de brillo en la imagen para proseguir a realizar la operación de convolución en dos dimensiones, para poder denotar los datos de interés en la imagen y reducir el impacto de los datos que no sirvan a la determinación de la longitud de la huella de desgaste, es decir, resaltar la geometría de la huella de desgaste y minimizar los demás objetos que aparecen en la imagen, de los valores obtenidos en la convolución se efectúa una segunda acción de sustitución por pixeles negros a toda forma que este más allá del cuerpo esférico de la probeta para eliminar ruidos, seguido de un proceso de discriminación para conseguir que los datos de huella sean los de menor valor en los pixeles, de dichos valores se hace una operación de binarización en la cual se deja a la imagen con valores lógicos de ceros y unos mientras que una tercera acción de sustitución por pixeles negros, se suprimen nuevamente los valores numéricos

que estén más allá del cuerpo esférico de la probeta, con el fin de borrar valores parasitarios

que se produjeron por el proceso de binarización, lo actuales valores de la imagen son invertidos en la operación de negación de la binarización permitiendo con ello dejar la imagen de huella de color negro mientras que todo lo demás queda de color blanco para que

5 reciba una cuarta acción de sustitución por píxeles blancos, en donde es borrado todo aquello que se localice en la mitad inferior de la imagen para facilitar la determinación de un radio preliminar de la huella, que es usado en una quinta acción de sustitución por píxeles blancos para borrar los valores que estén más allá del radio preliminar. Una vez terminado el tratamiento de la imagen se determina el diámetro promedio de la huella en
10 píxeles por medio de geometría analítica, esto es: se toman diversos valores de la distancia del centro de la huella a su perímetro, obteniendo así distintos valores de radio los cuales son promediados y dan como resultado un radio promedio para así determinar un diámetro promedio en píxeles. Por último se realiza la conversión de píxeles a milímetros.

15 En la figura 2 se muestra los elementos que conforman a la estructura para fijación de la cámara digital y del brazo de palanca, dicha estructura se conforma de los siguientes elementos:

1. Base de fijación del brazo de palanca y de la cámara.
2. Pilares de soporte de la base.
- 20 3. Tuercas superiores de fijación del aro de la cámara.
4. Tuercas locas de libre movimiento del aro de la cámara.
5. Tuercas inferiores de fijación del aro de la cámara.
6. Aro de libre desplazamiento vertical.

En la figura 3 se muestran los componentes que conforman al sistema de captura, adquisición y procesamiento de imágenes que permite determinar la longitud de la huella de desgaste por contacto tribológico son:

1. Aparato para determinar la capacidad de carga a aprisiones extremas, en dicho aparato va incluido el brazo de palanca donde es colocado el balín al cual se le efectuara la prueba.
2. Cámara digital.
3. Estructura para montar la cámara digital y el brazo de palanca.
4. Computadora.

La figura 4 muestra el proceso que se sigue el programa de visión por computadora para poder determinar la longitud de desgaste de la huella en el balín. Dicho proceso ya se ha comentado con anterioridad

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito suficiente mi invención: "SISTEMA PARA MEDICIÓN DE DESGASTE EN PRUEBAS TRIBOLÓGICAS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES", considero como una novedad y por lo tanto reclamo como de mi exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:

1. Un sistema para medir la longitud de huellas impresas en balines de prueba resultantes de ensayos de contacto de par tribológico tales como los realizados en aparatos para medir la capacidad de carga de los aceites lubricantes a presiones extremas caracterizado por que comprende: Un dispositivo de fijación que cuenta con una base que tiene dos muescas para colocar el brazo de un dispositivo de pruebas de par tribológico, a la base se sujetan cuatro pilares de soporte, cada pilar cuenta con un juego de tuercas de fijación en donde se apoya cada uno de los soportes de un aro que sostiene a una cámara digital; gracias a la disposición de los pilares y los juegos de tuercas, la cámara sujeta en el aro cuenta con libre desplazamiento vertical; las imágenes adquiridas mediante la cámara se transfieren a una computadora que tiene un programa de procesamiento de imágenes. La computadora se configura para determinar la distancia de la huella de desgaste mediante un proceso computarizado de las imágenes adquiridas.

2. Un proceso para medir la longitud de huellas impresas en balines de prueba resultantes de ensayos de contacto de par tribológico realizado en un aparato para medir la capacidad de carga de los aceites lubricantes a presiones extremas, caracterizado por que comprende: 1) Colocar en las muescas de la base del dispositivo de fijación un brazo de palanca de un aparato para medir la capacidad de

carga de aceites lubricantes a presiones extremas que contenga el balín de prueba de

tal forma que la huella resultante quede orientada hacia el lente de la cámara, 2)

Ajustar la altura de separación entre la lente de la cámara y la huella en el balín

para una captura apropiada de la imagen, 3) Capturar la imagen de la huella de

5 desgaste mediante la cámara digital, 4) Transferir la imagen de la huella de desgaste

a la computadora para el proceso computarizado de las imágenes adquiridas en

donde se realizan además los siguientes pasos:

i. cambio del formato de la imagen a color a formato en escala de grises,

10 ii. una acción de sustitución por pixeles negros en la parte superior de la
imagen,

iii. una operación de suavizado,

iv. ejecución de una operación de convolución de dos dimensiones,

v. una acción de sustitución por pixeles negros en la que se suprime toda forma
que este más allá del cuerpo esférico de la probeta dentro de la imagen,

15 vi. un proceso de discriminación de los valores obtenidos en la etapa de
convolución,

vii. una operación de binarización

viii. una acción de sustitución por pixeles negros que suprime los valores
numéricos parasitarios que se produjeron por el proceso de binarización,

20 ix. negación lógica de la binarización,

x. una acción de sustitución por pixeles blancos para borrar la mitad inferior de
la imagen,

xi. una acción para determinar un radio preliminar de la huella,

- xii. una acción de sustitución por pixeles blancos a partir de la distancia del radio preliminar,
 - xiii. aplicación de una formula de geometría analítica para estimar la distancia promedio,
 - 5 xiv. una operación de probabilidad y estadística para obtener un radio promedio y en consecuencia un diámetro promedio en pixeles, y
 - xv. una función que transforme el valor del diámetro en pixeles a milímetros;
- 5) exhibición del diámetro de la huella de desgaste en milímetros.

RESUMEN

Se proporciona a título de sistema innovativo, un sistema y proceso con aplicación tanto científica como industrial para la captura, adquisición y procesamiento de imágenes a elementos de pruebas tribológicas de tipo esférico que fueron sometidos a presiones extremas. La innovación consiste en el sistema conformado por un aparato (microscopio electrónico) que permita capturar imágenes con acercamiento a objetos de prueba de dimensiones minúsculas, una base para fijación del objeto de prueba (elementos de tipo esférico) a ser estudiado y que permita la comodidad de realizar ajustes en la colocación del aparato para la captura de imágenes, un procedimiento apoyado por Visión Computacional que determinará las variables a medir en los objetos de prueba. La obtención de los resultados se consigue al colocar el objeto de prueba en la zona inferior de la base fija, mientras que el aparato que realizara la captura de la imagen se acomoda en la parte superior de la base siendo ajustado debidamente para lograr un buen enfoque de la imagen que será obtenida. Inmediatamente de la captura de la imagen del desgaste en el objeto de prueba, ésta será introducida en el entorno de Visión por Computadora para que pueda determinar la longitud del desgaste en el elemento de tipo esférico que fue puesto a prueba.

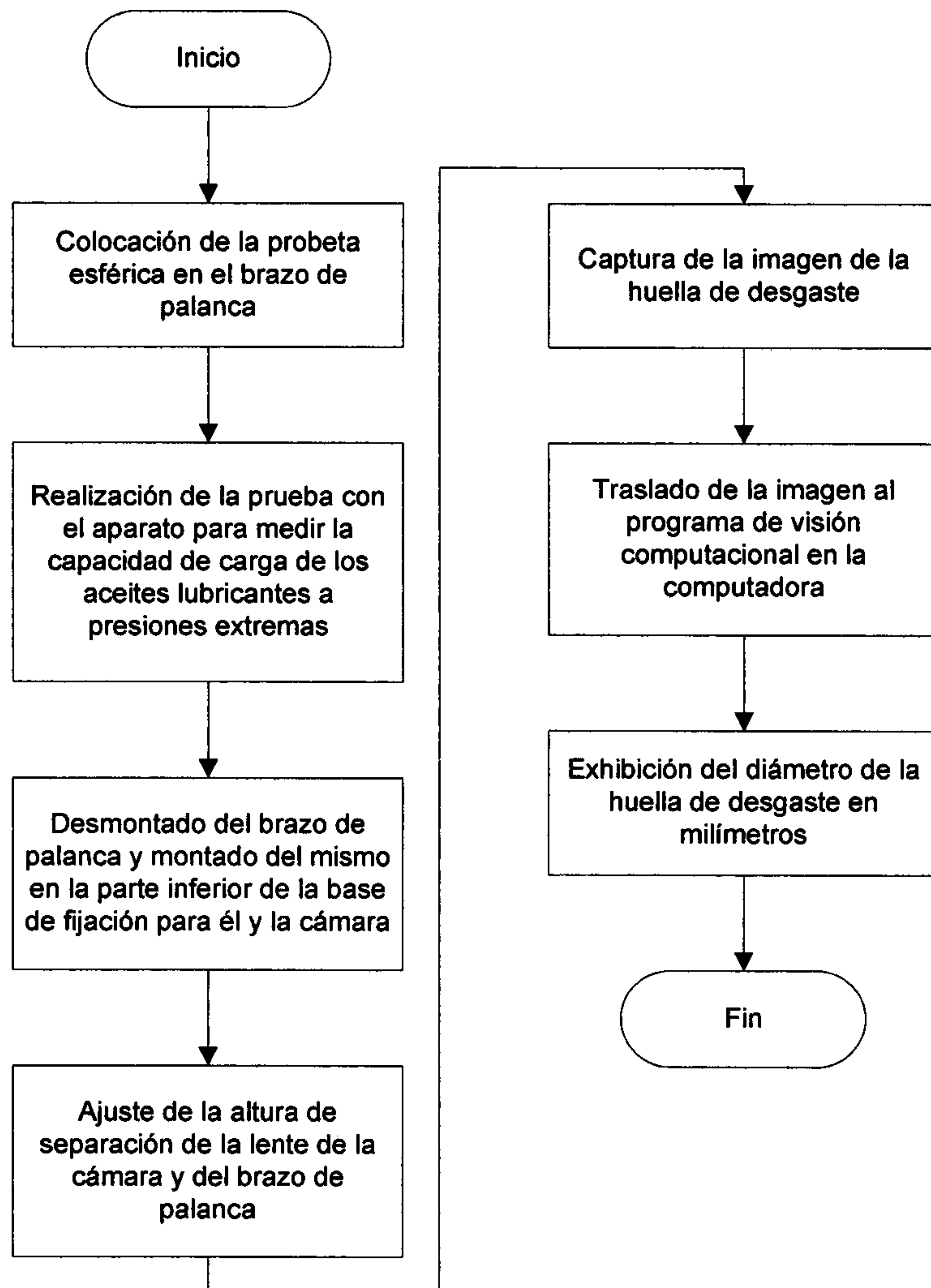


Figura 1.

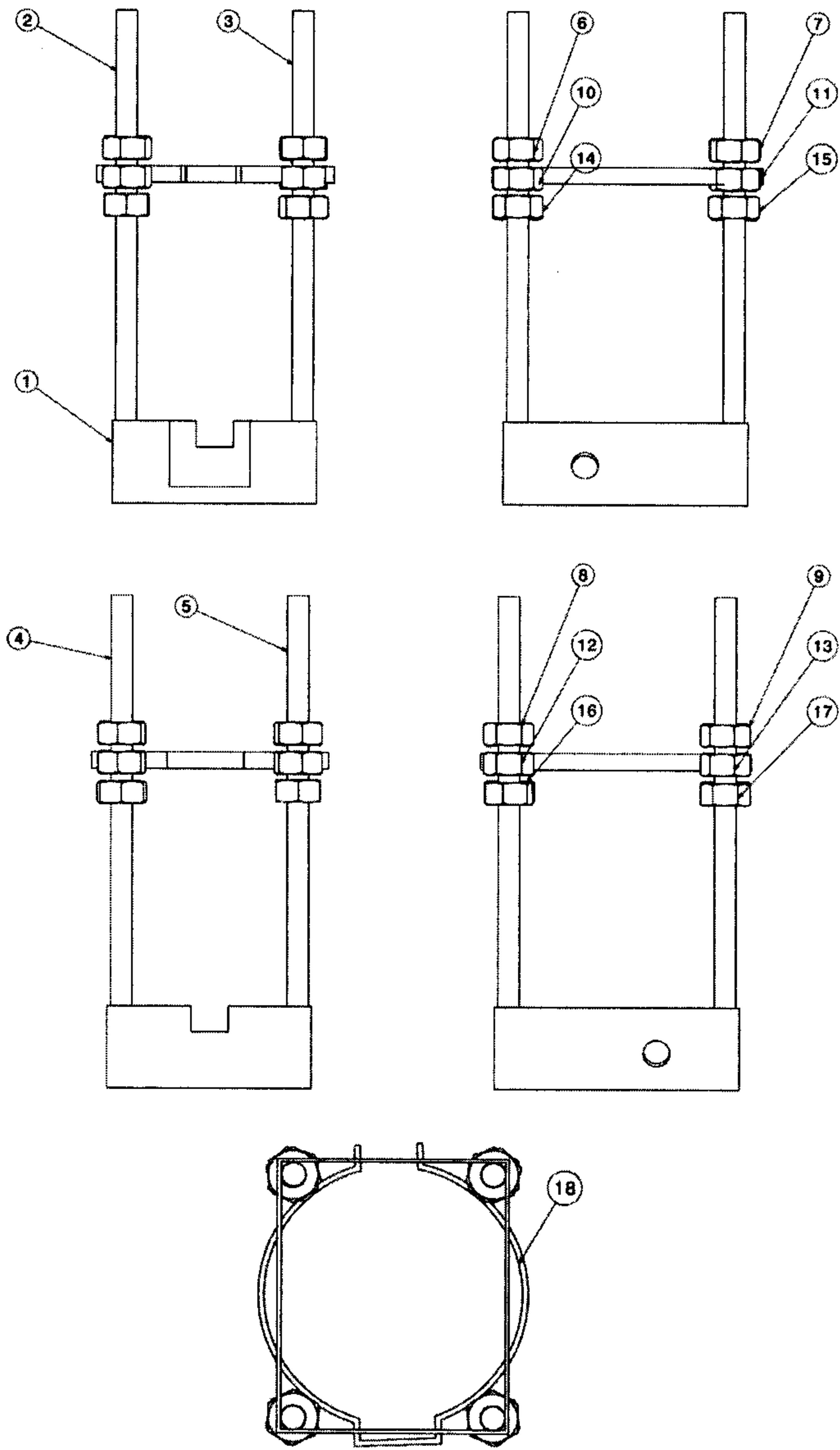


Figura 2.

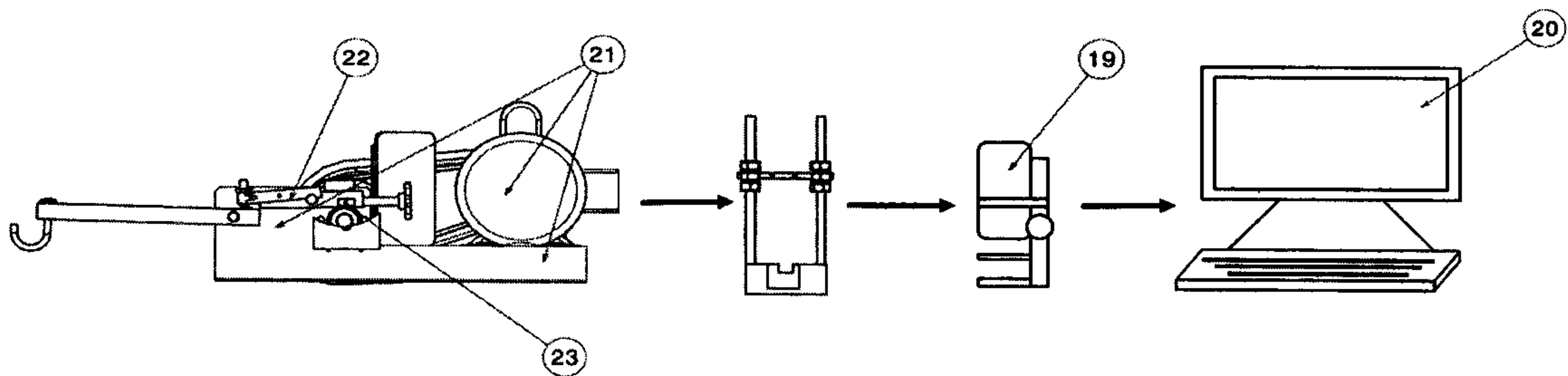


Figura 3.

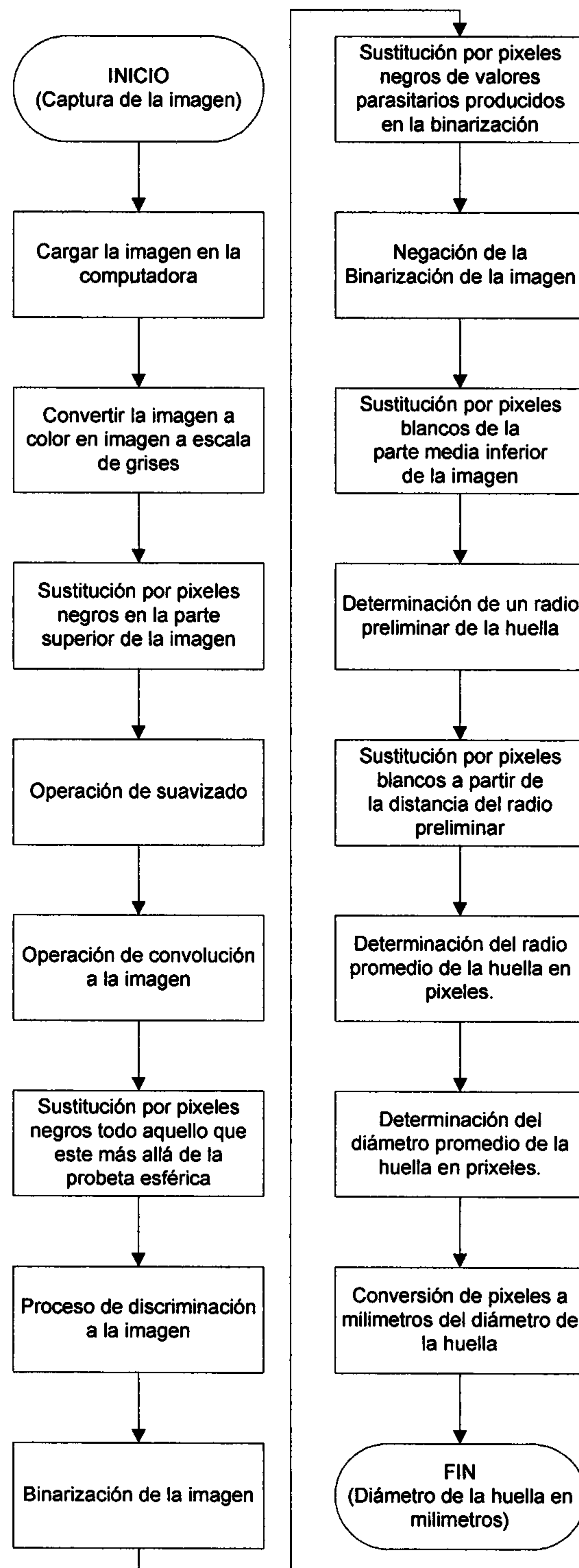


Figura 4.