



## TÍTULO DE PATENTE NO. 330997

**Titular(es):** UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
**Domicilio:** Lascuráin de Retana No. 5, Colonia Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MEXICO  
**Denominación:** MÁQUINA ELÉCTRICA SUPERCONDUCTORA DE ALTA TEMPERATURA DE FLUJO AXIAL  
**Clasificación:** Int.CI.8: H02K17/12  
**Inventor(es):** ADRIAN GONZÁLEZ PARADA

<b>SOLICITUD</b>		
<b>Número:</b> MX/a/2010/012308	<b>Fecha de presentación:</b> 11 de noviembre de 2010	<b>Hora:</b> 12:09
<b>PRIORIDAD</b>		
<b>País:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Número:</b>

**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 11 de noviembre de 2030

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, 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, 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, 20/07/2004, 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 mayo de 2015

**LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES**

**NAHANNY CANAL REYES**



330997  
18-05-15

1

MÁQUINA ELÉCTRICA SUPERCONDUCTORA DE ALTA TEMPERATURA DE  
FLUJO AXIAL



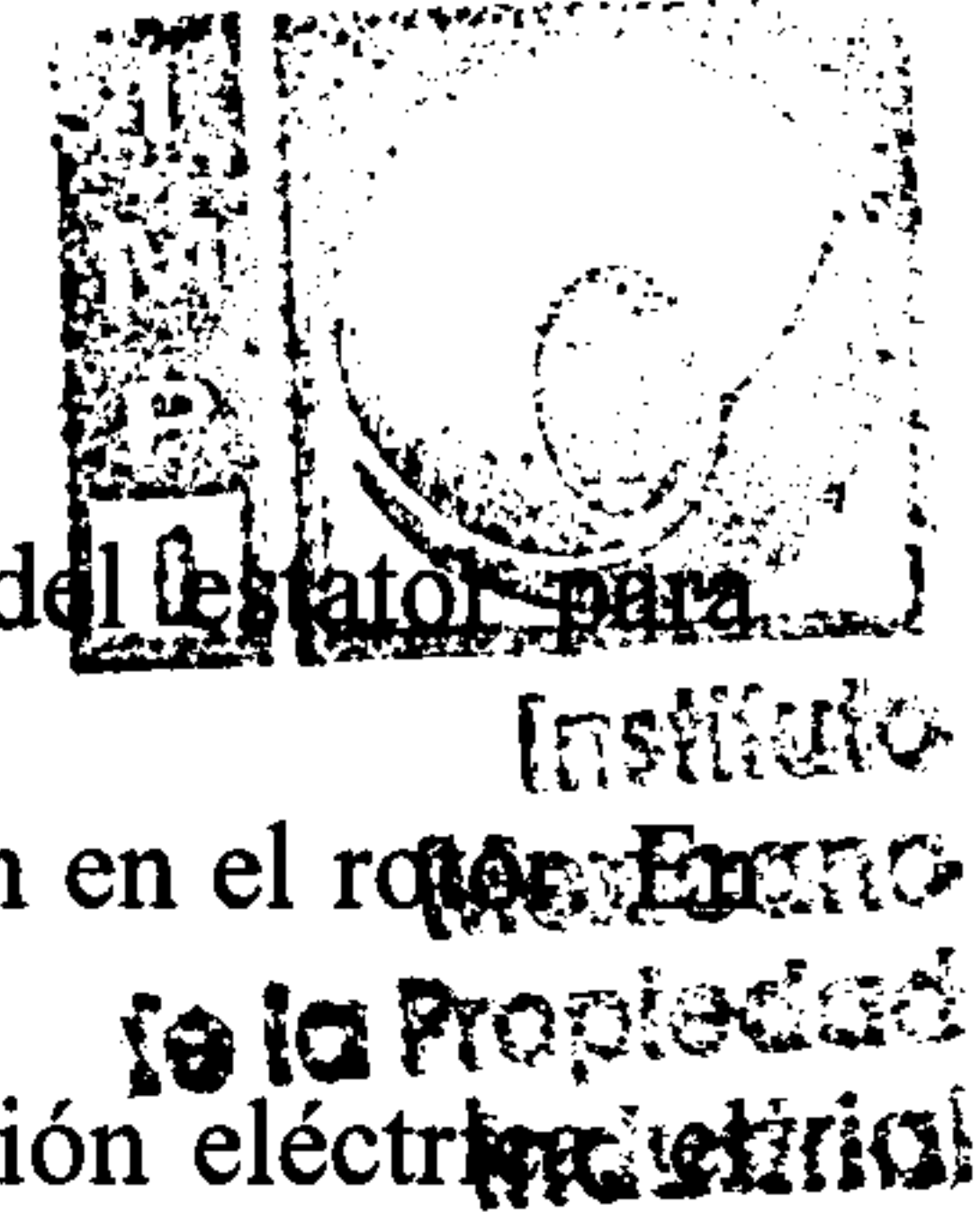
DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención consiste en una máquina eléctrica superconductora de  
5 alta temperatura de flujo axial que comprende un rotor y un estator discoidales, los cuales  
están provistos de al menos un elemento superconductor que se extiende según un trazado  
lineal o curvilíneo. Preferiblemente dicho elemento superconductor adopta la forma de una  
cinta que se coloca sobre una pista de material conductor en los discos del rotor y/o el  
estator. El estator puede consistir preferentemente en dos semiestatores en forma de disco  
10 entre los cuales se dispone el rotor; en este caso cada semiestator está alimentado por las  
tres fases de un suministro de corriente alterna trifásica. El rotor puede estar constituido por  
material superconductor en forma de cinta o másico de acuerdo a una geometría  
previamente establecida, la cual dependerá de las funciones que esta máquina eléctrica  
realice, ya sea como motor eléctrico de inducción, motor eléctrico de reluctancia o como  
15 generador eléctrico.

ANTECEDENTES

Las máquinas eléctricas de inducción se basan en el principio de generar un campo  
magnético variable en el estator que entonces induce una corriente en el rotor que a su vez  
20 produce un campo magnético variable en el rotor. Si esta máquina eléctrica funciona como  
un motor para producir un par electromagnético, esta corriente inducida en el rotor crea su



propio campo magnético, el cual interacciona con el campo magnético del estator para

producir fuerzas electromecánicas que provocan un movimiento de rotación en el rotor

el caso de que esta máquina eléctrica sea utilizada para producir una tensión eléctrica

campo magnético del rotor en movimiento, induce una corriente eléctrica en los devanados

5 del estator generando una corriente y una caída de tensión en las terminales del estator.

Es habitual que el estator, el rotor o ambos incluyan bobinados de cobre y un núcleo de

hierro para establecer el circuito magnético.

Uno de los tipos de máquina eléctrica de inducción más corriente es la máquina de "jaula

de ardilla". Esta denominación se debe a la configuración del rotor, que consiste en dos aros

10 unidos por unas barras paralelas a la dirección axial del rotor. La combinación de un par de

barras unidas por segmentos de dichos aros equivale a una bobina eléctrica.

Convencionalmente, estas máquinas eléctricas son de flujo radial, en ellas el rotor y el

estator son cilindros concéntricos, y el flujo magnético atraviesa el entrehierro en la

dirección radial. En algunas situaciones, sin embargo, es preferible utilizar una máquina

15 eléctrica de flujo axial.

En la configuración de flujo axial, el rotor, el entrehierro y el estator son en forma de

discos paralelos sobre el mismo eje y el flujo magnético atraviesa el entrehierro en la

dirección axial. Con la tecnología tradicional, las máquinas eléctricas de flujo axial son de

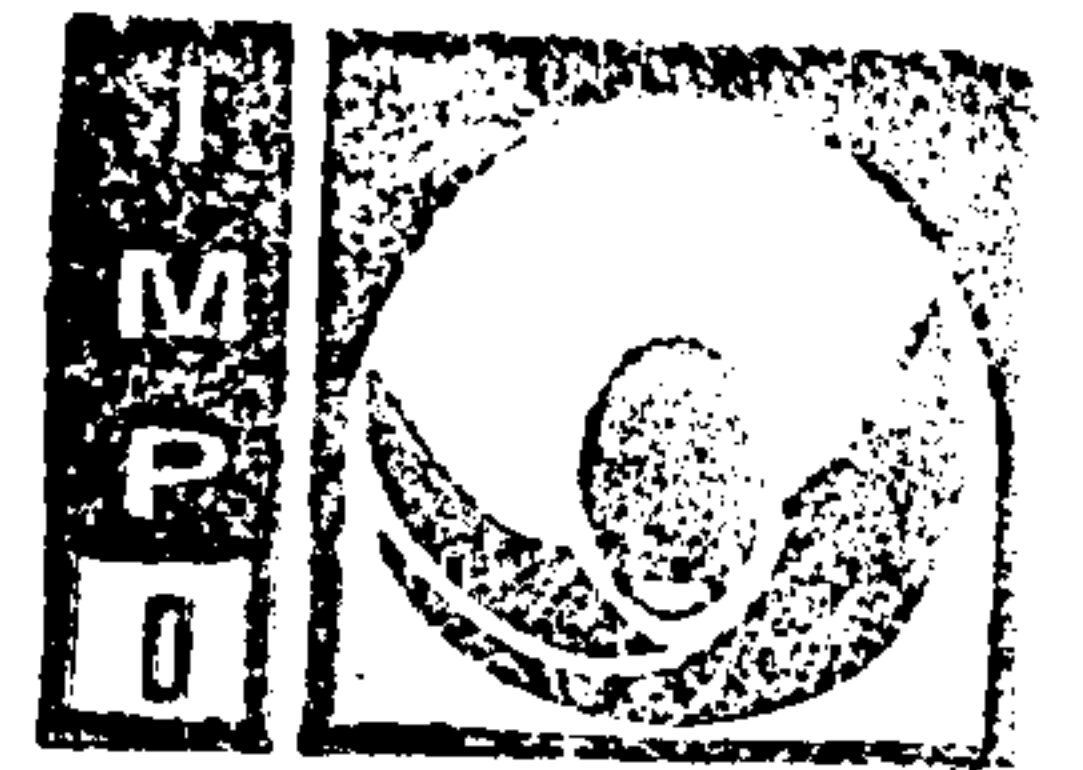
construcción más compleja, aunque más compacta, y consiguen pares más elevados que

20 una máquina de flujo radial del mismo peso.

Uno de los inconvenientes de las máquinas de flujo axial tradicionales es que en ellas es

difícil aumentar el área disponible para ser atravesada por el flujo magnético, lo cual limita

la fuerza magnetomotriz realmente transmisible.



En cualquier caso, se puede mejorar el rendimiento de una máquina eléctrica si las bobinas, bien del rotor o del estator o ambos, son de un material superconductor. Naturalmente no está exento de dificultades. Los materiales superconductores no se pueden bobinar con la misma facilidad que los cables de cobre, y además hay que mantenerlos refrigerados por debajo de su temperatura crítica.

Los materiales superconductores son materiales con una resistencia eléctrica nula bajo ciertas condiciones. En los materiales superconductores, las características de superconductividad aparecen cuando su temperatura es inferior a una cierta temperatura crítica, cuyo valor es diferente según el material de que se trate pero que es del orden de 10 K para los superconductores clásicos, y de hasta unos 130 K para otros superconductores denominados superconductores a alta temperatura o HTS, (“High Temperature Superconductors”). Mientras que los superconductores clásicos han de refrigerarse con helio líquido, los HTS pueden refrigerarse con nitrógeno líquido (cuyo punto de ebullición a presión atmosférica es de 77 K).

En realidad las características superconductoras dependen de otros valores críticos, además de la temperatura: la intensidad de corriente crítica y la densidad de campo magnético crítica. Es decir, los superconductores prácticamente no tienen pérdidas si funcionan por debajo de sus valores críticos de temperatura, intensidad y campo magnético. En estas circunstancias un superconductor admite una densidad de corriente tan elevada que saturaría, en su caso, el núcleo ferromagnético de una máquina convencional, por lo que en una máquina superconductora puede sustituirse el núcleo ferromagnético por un núcleo de aire.



En la patente US005581135 (IMRA) describe un motor superconductor de flujo radial en el que el rotor incluye unos superconductores máxicos (no lineales) que se magnetizan al ser excitados por pulsos eléctricos, pero en el estator se emplea un devanado convencional compuesto por conductores de cobre sobre un núcleo ferromagnético.

- 5 En la patente US20040155551 (Rockwell) describe un motor superconductor de jaula de ardilla de flujo radial en el que el rotor está recubierto por una capa fina de material superconductor.

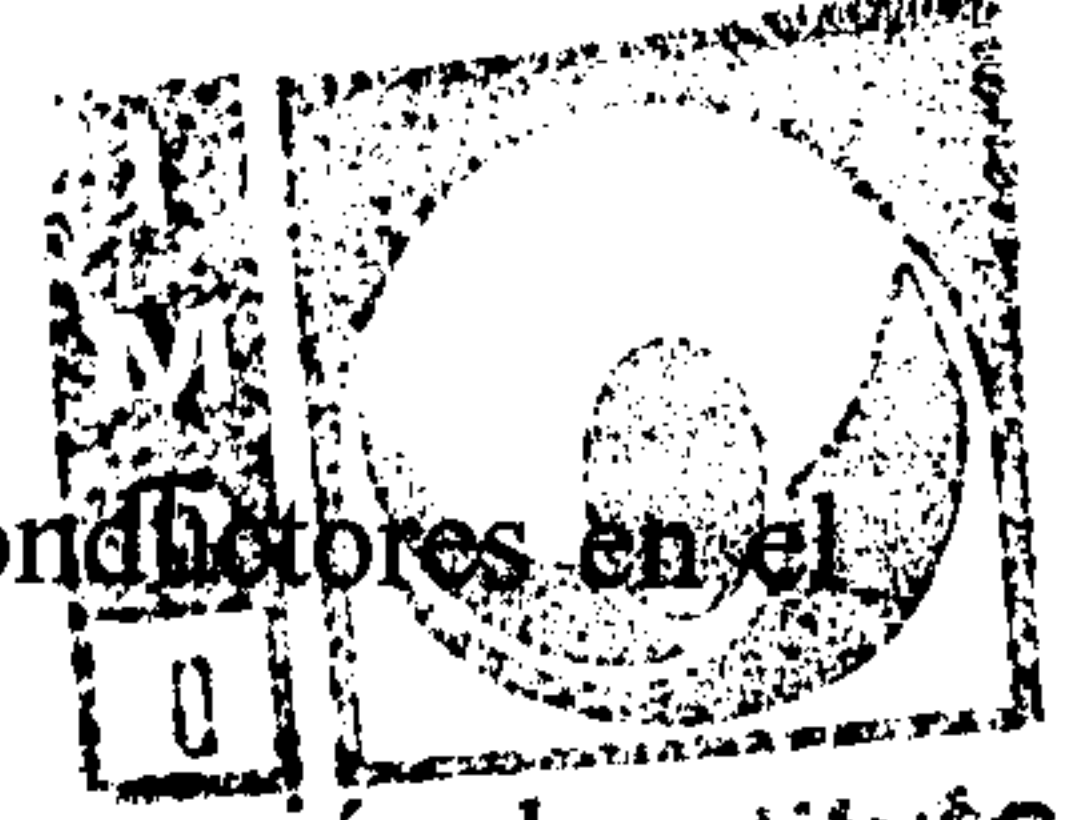
En la patente US20050194862 (General Electric) describe una máquina de flujo axial en la que el estator comprende una bobina superconductora en forma de anillo.

- 10 En la patente ES 2318 951 B1 (UPC), se menciona un motor superconductor de flujo axial de alta temperatura, el cual comprende un rotor y un estator superconductor bifásico que puede actuar como una turbo-maquinaria.

En el artículo Superconducting Electrical Machines-State of the Art de J.F. Gieras, (Electrical Review ISSN 0033-2097, R 85 NR12/2009), se hace una revisión de las

- 15 máquinas superconductoras existentes, en donde se mencionan máquinas superconductoras de flujo radial principalmente y los desarrollos realizados, también se hace mención de un motor de flujo axial realizado con pastillas superconductoras que funciona como una máquina híbrida ya que tiene devanados de Cu en el estator y pastillas superconductoras en el rotor.

- 20 En el artículo Electromagnetic field analysis of axial flux high temperature superconducting synchronous motor de L.Y. Li, et all ( PIERS Proceeding, agosto del 2009), se hace una comparación entre máquinas superconductoras de flujo radial y axial desarrolladas con materiales superconductores con la característica de que estas máquinas no son



completamente superconductoras ya que funcionan con materiales superconductores en el rotor y devanados de cobre en el estator haciendo máquinas híbridas en su operación, lo que viene a representar pérdidas adicionales por el empleo de materiales comunes como el Cu y materiales ferromagnéticos.

- 5 En los últimos años se han desarrollado unos materiales superconductores HTS particularmente interesantes, como por ejemplo el  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  (BSCCO-2212), el  $(\text{Bi}, \text{Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$  (BSCCO-2223) ó el  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  (YBCO). Este último, en la actualidad, se fabrica en forma de una cinta con un sustrato flexible y resistente sobre cuya parte superior se deposita una película de YBCO; a continuación se aplica una capa de Ag y
- 10 después una capa de Cu como protección y estabilización del conjunto.

Por tal motivo en la presente invención se aprovechan las ventajas de los materiales superconductores y su aplicación en máquinas eléctricas, tomando en cuenta las limitaciones que presentan en la aplicación a máquinas eléctricas convencionales y como se menciona en las máquinas eléctricas híbridas, lo cual viene a ser una novedad inventiva con

15 respecto a las máquinas tradicionales debido al hecho de obtener una máquina completamente construida con materiales superconductores y sin material ferromagnético.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Vista esquemática general de una máquina superconductora de flujo axial, configuración de estator bilateral.

20

Figura 2. Vista esquemática de una máquina eléctrica superconductora de flujo axial, configuración de estator lateral.



Figura 3. Vista esquemática de una máquina superconductora de flujo axial, configuración de rotor bilateral.

Figura 4. Vista esquemática de una fase del estator superconductor.

Figura 5. Vista esquemática de rotor con cintas superconductoras.

5 Figura 6. Vista esquemática de rotor superconductor con pastillas superconductoras.

Figura 7. Vista esquemática del estator en configuración de flujo axial de 4 polos.

Figura 8. Vista esquemática del estator en configuración de flujo axial de 6 polos.

Figura 9. Vista esquemática del estator en configuración de flujo axial de 8 polos.

10 Figura 10. Vista esquemática de los componentes del rotor superconductor con cintas superconductoras.

Figura 11. Vista esquemática de los componentes del rotor superconductor con pastillas superconductoras.

Figura 12. Gráfica del comportamiento de la máquina eléctrica de acuerdo al número de polos.

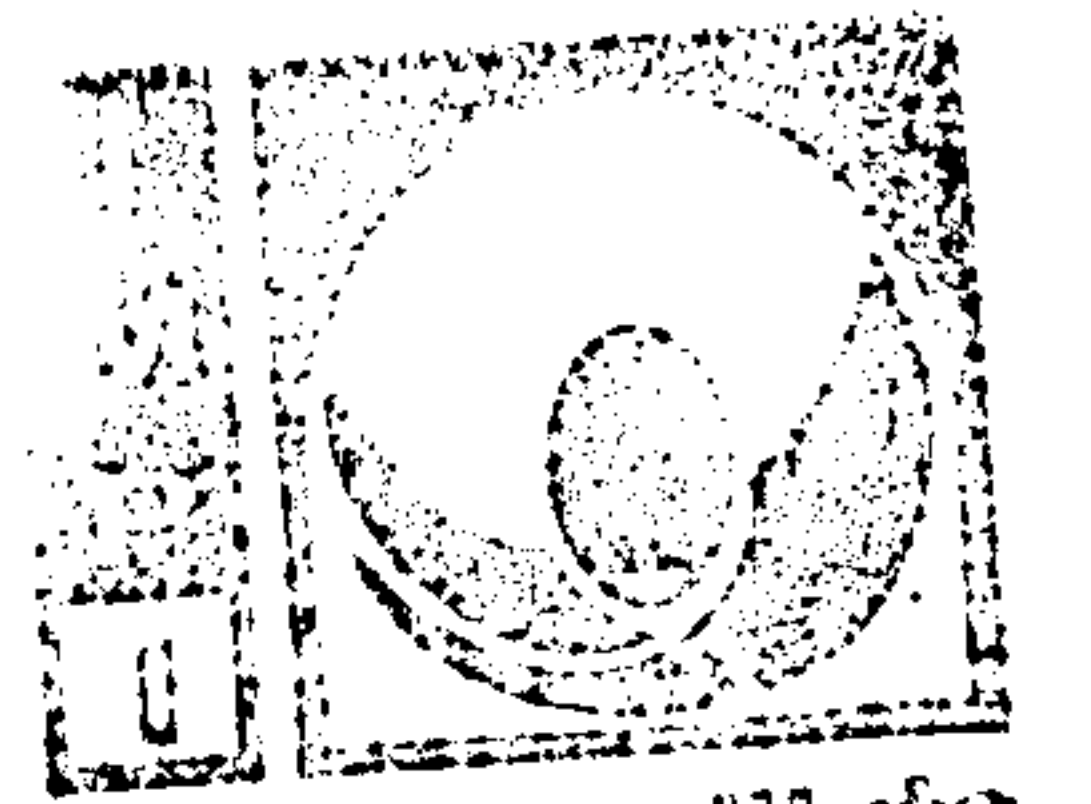
15

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es el de proporcionar una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura en configuración de flujo axial, provista de elementos superconductores de alta temperatura tanto en el rotor como en el estator, que sea más versátil y que tenga un mejor comportamiento que las máquinas eléctricas superconductoras conocidas.

20

De acuerdo a la invención, se proporciona un conjunto de rotor y estator en el que ambos están provistos de al menos un elemento superconductor que se extiende según un trazado,



considerando una alimentación trifásica, en donde al menos uno de los elementos superconductores del rotor o el estator es de un material superconductor a temperatura. Preferiblemente, dicho material superconductor es un material YBCO o un material BSCCO, en donde, al menos un elemento superconductor tiene forma de cinta y al menos un segmento de la cinta superconductora del estator se coloca de forma plana en el disco del estator, de manera que segmentos del elemento superconductor del estator forman una figura sustancialmente poligonal, es decir, de extensión sustancialmente lineal. En donde según la aplicación se pueden colocar pastillas superconductoras en el rotor funcionando como máquina generadora de energía eléctrica ó motor de reluctancia.

En la figura 1, se muestra una vista esquemática de un máquina superconductora de flujo axial en configuración de estator bilateral, formado por dos semiestatores en forma de disco, compuestos por tres fases en un semiestator (1a)(1b)(1c) en un extremo, en la parte central se ubica el rotor (2) en forma de disco y en el extremo opuesto se encuentran las tres fases del otro semiestator (1d)(1e)(1f), esta configuración se puede repetir el número de veces que sea necesario de acuerdo a las necesidades de la máquina de incrementar su potencia o nivel de generación. En esta configuración, cada semiestator está alimentado por un suministro de energía eléctrica trifásico de corriente alterna y se puede simplificar el control electrónico de la máquina. Cuando se encuentra funcionando como máquina generadora de energía eléctrica, se optimiza la generación de energía eléctrica de manera significativa.

En la figura 2, se muestra una vista esquemática de una máquina superconductora de flujo axial en configuración de estator lateral, formado por un solo estator en forma de disco, ubicado en un extremo de la máquina, el cual está compuesto por tres fases (1a)(1b)(1c),

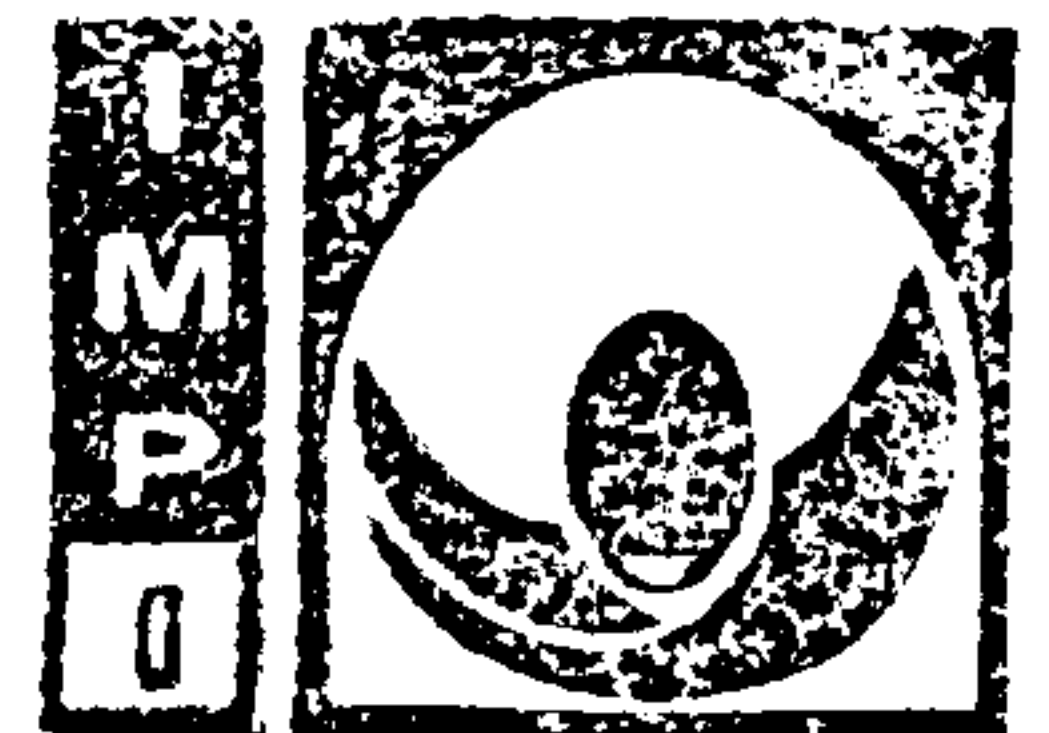




seguido por el rotor superconductor en forma de disco (2), esta configuración se puede repetir el número de veces que sea necesario de acuerdo a las necesidades de la máquina de incrementar su potencia o nivel de generación. En esta configuración el estator es alimentado de manera trifásica, simplificando de manera sustancial la construcción del motor. Teniendo la función de motor inducción, motor de reluctancia y generador de energía eléctrica.

En la figura 3, se muestra una vista esquemática de una máquina superconductora de flujo axial en configuración de rotor bilateral, formado por un rotor superconductor en forma de disco (2a) en un extremo, seguido de un estator superconductor en forma de disco compuesto por tres fases (1a)(1b)(1c) y finalmente en el otro extremo un rotor superconductor en forma de disco (2b), esta configuración se puede repetir el número de veces que sea necesario de acuerdo a las necesidades de la máquina de incrementar su potencia o nivel de generación. En esta configuración el estator se encuentra alimentado por un suministro trifásico en la parte central del motor, simplificando de manera sustancial la alimentación de la máquina. La configuración de rotor bilateral aumenta de manera significativa la potencia generada cuando se encuentra operando como motor eléctrico de inducción o motor de reluctancia y aumenta la potencia de generación de energía eléctrica cuando está funcionando como generador eléctrico.

En la figura 4, se muestra una vista esquemática de una fase del estator superconductor en configuración de flujo axial (1), y dependiendo de la aplicación se pueden hacer arreglos de tres fases en configuración bilateral (figura 1), tres fases en configuración lateral (figura 2) o tres fases en configuración central (figura 3), cada una de estas fases está compuesta de al menos un elemento superconductor (3) que tiene forma de cinta y al menos un segmento de



esta cinta superconductora en el estator, preferiblemente, se coloca de forma plana en el disco del estator, de manera que segmentos del elemento superconductor del estator formen una figura sustancialmente poligonal, de una extensión sustancialmente lineal. En la cinta superconductora (3), los segmentos del elemento superconductor del estator están unidos mediante una soldadura de muy de baja resistividad. Dependiendo de la aplicación se puede colocar la cinta superconductora (3) del estator de canto en el disco del estator, así la cinta admite una cierta curvatura y se reducen o eliminan las soldaduras, las cuales provocan una disminución de la corriente crítica del material superconductor.

Las cintas superconductoras (3) se colocan sobre una base de resina (4) preferiblemente epoxídica, soldadas por medio de una soldadura de muy baja resistividad, preferiblemente a base de Indio o algún otro material como la plata, sobre una geometría realizada previamente realizada en cobre, hasta formar la geometría requerida para cada una de las configuraciones de las fases del estator.

En la figura 5, se muestra la vista esquemática de un rotor superconductor (2) en forma de disco, en donde consta de al menos un elemento superconductor (3) que tiene forma de cinta y al menos un segmento de esta cinta superconductora, preferiblemente, se coloca plana en el disco del rotor, de manera que segmentos del elemento superconductor del rotor formen una figura sustancialmente poligonal, de una extensión sustancialmente lineal. En la cinta superconductora (3), los segmentos del elemento superconductor del rotor están unidos mediante una soldadura de muy de baja resistividad. Dependiendo de la aplicación se puede colocar la cinta superconductora (3) de canto en el disco del rotor, así la cinta admite una cierta curvatura y se reducen o eliminan las soldaduras, las cuales provocan una disminución de la corriente crítica del material superconductor.

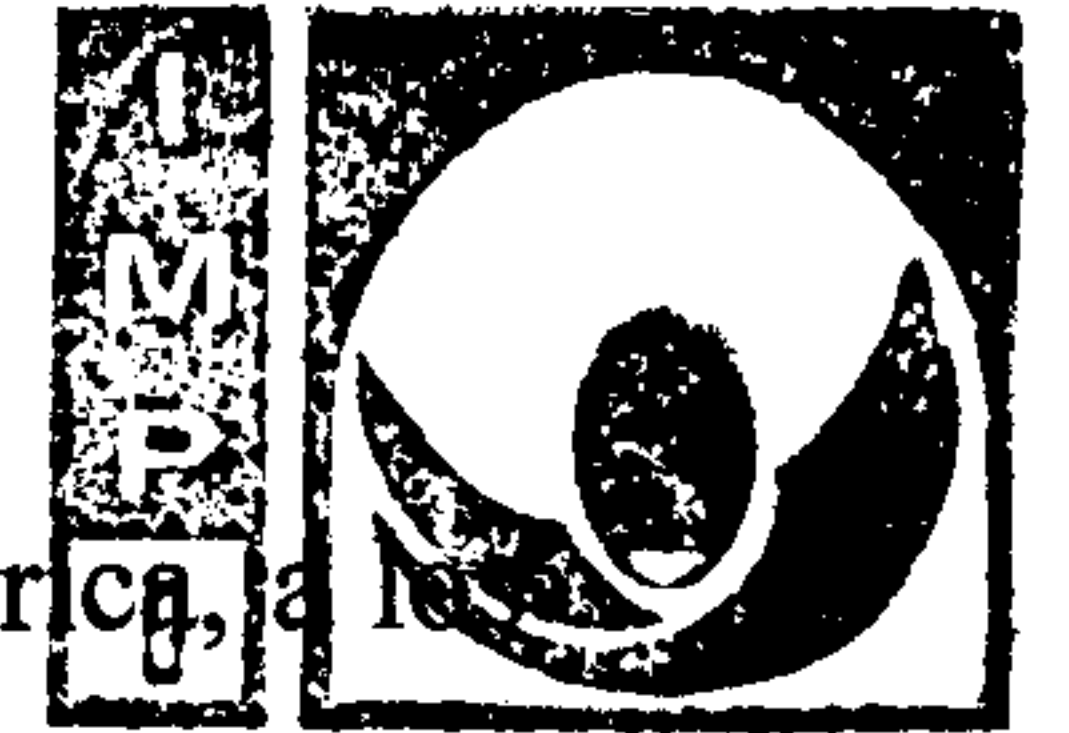


Las cintas superconductoras (3) se colocan sobre una base de resina (4) preferiblemente epoxídica, unidas por medio de una soldadura de muy baja resistividad, preferiblemente base de Indio o algún otro material como la plata, sobre una geometría previamente realizada, hasta formar la geometría requerida para cada una de las configuraciones del rotor dependiendo del número de fases y polos del estator (1). Los segmentos del elemento superconductor (3) del rotor (2) forman una figura en forma de jaula de ardilla plana.

A esta configuración de rotor superconductor (2), se le agrega un eje (5) de material de baja conductividad térmica, preferiblemente de acero inoxidable en cualquiera de sus grados, con el fin de transmitir la conversión de potencia eléctrica a potencia mecánica cuando este se encuentra trabajando como motor de inducción.

En la figura 6, se muestra la vista esquemática de un rotor (2) superconductor en forma de disco, en donde consta de al menos un elemento superconductor (6), formado por una pastilla de material superconductor y al menos un segmento de este material superconductor, preferiblemente se coloca de forma plana en el disco del rotor, de manera que cada segmento del elemento superconductor del rotor formen una figura sustancialmente poligonal, que depende del número de polos de la máquina eléctrica.

El material superconductor (6) se colocan sobre una base de resina (4) preferiblemente epoxídica, este material en forma de pastilla se fija de manera permanente, preferiblemente por medio de resinas epoxídicas, hasta formar la geometría requerida para cada una de las configuraciones del rotor dependiendo del número de fases y polos del estator (1) y la aplicación para la cual sea construido, ya sea como motor de reluctancia o como generador eléctrico.



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

Cuando la aplicación de la máquina eléctrica es como generador de energía eléctrica,

segmentos superconductores se les aplica un impulso de corriente ya sea directa o alterna

preferiblemente con una forma de onda de  $8 \mu s \times 20 \mu s$ , de magnitud tal que se induzca un

campo magnético remanente en los materiales superconductores, el cual puede ser

5 aprovechado para generación mecánica del par, cuando la máquina eléctrica este  
funcionando como motor de reluctancia o para la producción de tensión eléctrica cuando  
esté funcionando como generador eléctrico.

A esta configuración de rotor superconductor (2), se le agrega un eje (5) de material de baja  
conductividad térmica, preferiblemente de acero inoxidable en cualquiera de sus grados,

10 con el fin de transmitir la conversión de potencia eléctrica a potencia mecánica cuando este  
se encuentra trabajando como motor de reluctancia o en caso contrario la transmisión de  
potencia mecánica para su conversión en potencia eléctrica cuando este se encuentra  
trabajando como generador eléctrico.

En la figura 7, se muestra la vista esquemática de una fase del estator (1) de una máquina  
15 superconductora de flujo axial, cuya geometría es una configuración de cuatro polos,  
formados por segmentos de cintas superconductoras (3), colocadas sobre una base de resina  
(4), preferiblemente de acuerdo a lo descrito en la figura 4 y en donde se provee de las  
terminales (7) para la conexión de cada una de las fases. Esta conexión puede ser en delta o  
estrella, dependiendo de las aplicaciones de la máquina.

20 En la figura 8, se muestra la vista esquemática de una fase del estator (1) de una máquina  
superconductora de flujo axial, cuya geometría es una configuración de seis polos,  
formados por segmentos de cintas superconductoras (3), colocadas sobre una base de resina  
(4), preferiblemente de acuerdo a lo descrito en la figura 4 y en donde se provee de las



terminales (7) para la conexión de cada una de las fases. Esta conexión puede ser en delta o estrella, dependiendo de las aplicaciones de la máquina.

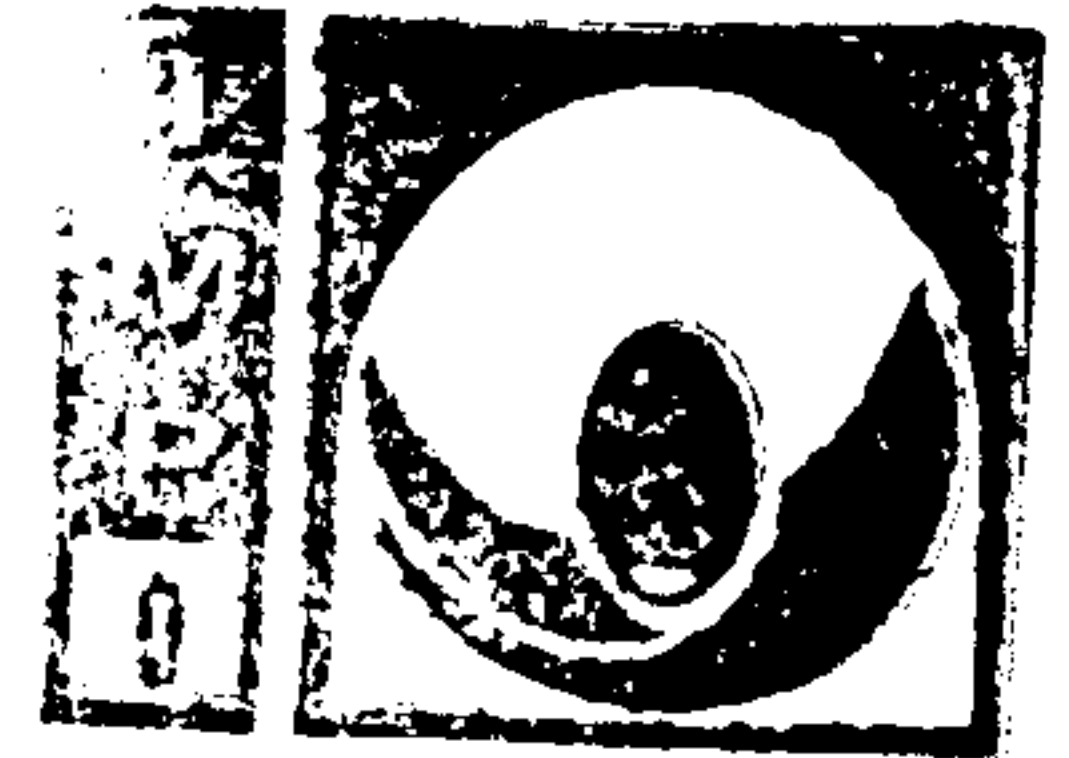
En la figura 9, se muestra la vista esquemática de una fase del estator (1) de una máquina superconductora de flujo axial, cuya geometría es una configuración de ocho polos, formados por segmentos de cintas superconductoras (3), colocadas sobre una base de resina (4), preferiblemente de acuerdo a lo descrito en la figura 4 y en donde se provee de las terminales (7) para la conexión de cada una de las fases. Esta conexión puede ser en delta o estrella, dependiendo de las aplicaciones de la máquina eléctrica.

En la figura 10, se muestra la vista esquemática frontal superior de un rotor superconductor (2), formado por cintas de material superconductor (3), colocados sobre una base de resina (4), preferentemente a lo descrito en la figura 5, formando una configuración de jaula de ardilla plana cuando la máquina eléctrica se encuentra trabajando como motor de inducción.

En la figura 11, se muestra la vista esquemática frontal superior de un rotor superconductor (2), formado por pastillas de material superconductor (6), colocados sobre una base de resina (4), preferentemente a lo descrito en la figura 6, formando una configuración poligonal que depende del número de polos de la máquina, cuando esta se encuentra trabajando como motor de reluctancia o como generador de energía eléctrica.

En la figura 12, se muestra el comportamiento de una configuración de acuerdo a lo descrito en la figura 1, en donde la construcción preferente es para 6 y 8 polos, ya que se obtiene la mayor eficiencia en la potencia transmitida.

## EJEMPLOS



Un parámetro importante en el diseño de las máquinas eléctricas de flujo axial es la relación diámetro interno ( $D_i$ ) y diámetro externo ( $D_o$ ),  $D_i / D_o$  ( $\lambda$ ), en donde, según la construcción realizada, se ha visto que este determina la potencia entregada y en función de esta relación, se ha encontrado un valor óptimo del parámetro  $\lambda$ , cuyo valor preferentemente se encuentra en 0,57 para una máquina de flujo axial de imanes permanentes en CC. De acuerdo a esto, los valores de  $\lambda$  se encuentran preferentemente en el rango de 0.2 a 0.5 de acuerdo a la figura 12 y va a depender de las características y parámetros de la máquina a optimizar y si diferentes configuraciones o construcciones se ven involucradas.

10 Evaluaciones realizadas con la construcción preferente conforme a la figura 1, se evaluó el parámetro  $\lambda$  en un rango de 0 – 0,90 con una configuración preferentemente de 4 polos, 6 polos y 8 polos. (figura 12), obteniéndose el comportamiento de la potencia de salida respecto al parámetro  $\lambda$ , en donde el valor para geometría evaluadas, se encuentra preferentemente en el rango de 0,3 a 0,45 aproximadamente y depende del número de polos de la máquina

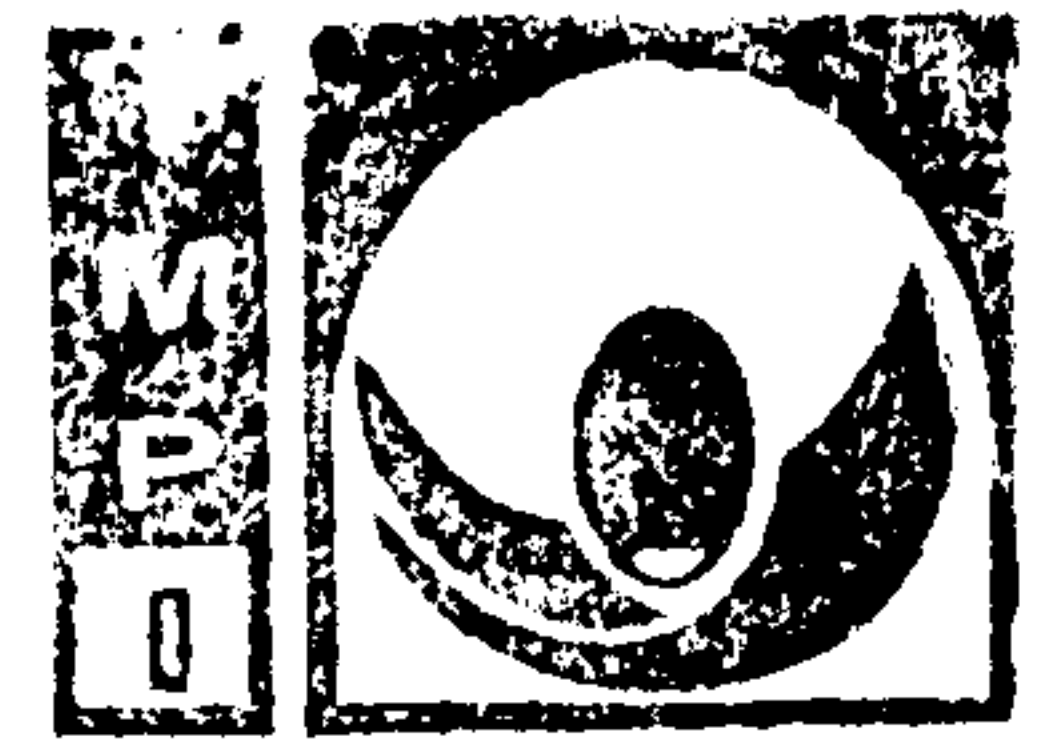
15 Una construcción preferente es cuando una mayor cantidad de polos y un mayor número de fases se tienen, de acuerdo a la figura 12, en donde con el incremento del número de polos, se obtiene una mayor cantidad de potencia y el mayor número de fases incrementa la potencia transmitida o generada, así como se obtiene una reducción en la oscilación del par de salida de la máquina eléctrica cuando esta se encuentra funcionando como motor de inducción o motor de reluctancia, haciendo que el funcionamiento del motor sea de una manera más estable y suave. Cuando la máquina eléctrica funciona como un generador de

energía eléctrica una mayor potencia en la generación puede ser obtenida debido al mayor

número de polos por cada una de las fases.



Instituto  
Mexicano  
de Estadística  
y Censos



## REIVINDICACIONES

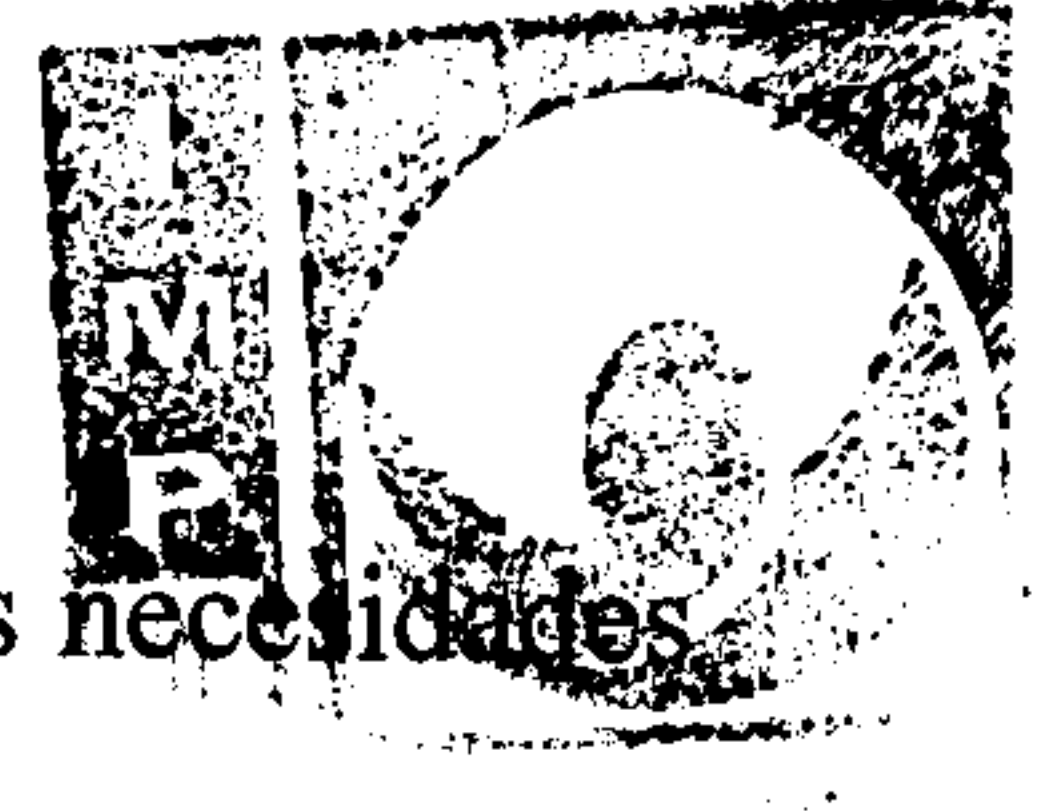
1. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator; caracterizada porque el rotor, cuenta con al menos un elemento superconductor que tiene forma de cinta y al menos un segmento de la cinta superconductora del rotor se coloca de forma plana, de manera que segmentos del elemento superconductor del rotor forman una figura sustancialmente poligonal, de extensión sustancialmente lineal. Esta aplicación de las cintas superconductoras permite a la máquina ser utilizada como motor de inducción.
2. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1 que se caracteriza porque el rotor en lugar de cintas superconductoras, se le colocan pastillas superconductoras lo que permite el uso de la máquina como máquina generadora de energía eléctrica ó motor de reluctancia.
3. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1; caracterizada porque tiene una configuración de estator bilateral, formado por dos semiestatores en forma de disco, compuestos por tres fases en un semiestator (1a)(1b)(1c) en un extremo, en la parte central se ubica el rotor (2) en forma de disco y en el extremo opuesto se encuentran las tres fases del otro semiestator (1d)(1e)(1f).





Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

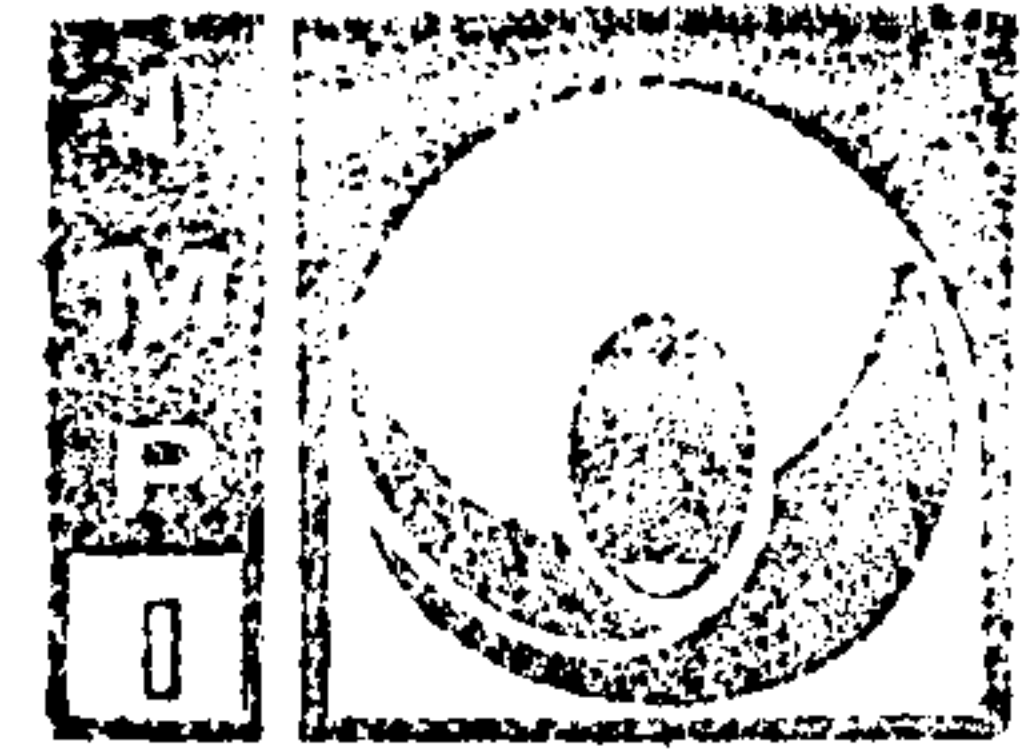
4. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1; caracterizada porque tiene una configuración de estator lateral, formado por un solo estator en forma de disco, ubicado en un extremo de la máquina, el cual está compuesto por tres fases (1a)(1b)(1c), seguido por el rotor superconductor en forma de disco (2).
5. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1; caracterizada porque tiene una configuración de rotor bilateral, formado por un rotor superconductor en forma de disco (2a) en un extremo, seguido de un estator superconductor en forma de disco compuesto por tres fases (1a)(1b)(1c) y finalmente en el otro extremo un rotor superconductor en forma de disco (2b).
6. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1 que se caracteriza porque la cinta se coloca de canto en el disco del rotor, cuando se quiere minimizar las pérdidas debido al campo magnético del estator y minimizar las uniones soldadas en el rotor.
7. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1, caracterizada porque cada semiestator está alimentado por un suministro de energía eléctrica trifásico de corriente alterna que



se puede repetir el número de veces que sea necesario de acuerdo a las necesidades de la máquina de incrementar su potencia o nivel de generación.

- 5
8. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1, caracterizada por que las cintas superconductoras en el rotor, se colocan sobre una base de resina preferiblemente epoxídica, unidas por medio de una soldadura de muy baja resistividad, sobre una geometría realizada previamente, hasta formar la geometría requerida para cada una de las configuraciones del rotor dependiendo del número de fases y polos del estator.
- 10
9. Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial, con alimentación trifásica y al menos un elemento superconductor, tanto en el rotor como en el estator, como la descrita en 1, caracterizado por que a los segmentos superconductores se les aplica un impulso de corriente preferiblemente con una forma de onda de  $8 \mu s \times 20 \mu s$ , de tal manera que se induzca un campo magnético remanente en los materiales superconductores, el cual puede ser aprovechado para generación mecánica de par, cuando la máquina eléctrica este funcionando como motor de reluctancia o para la producción de energía eléctrica cuando esté funcionando como generador eléctrico.
- 15
- 20

18  
RESUMEN



Instituto

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

que

Una máquina eléctrica superconductora de alta temperatura de flujo axial que comprende un rotor y un estator en forma de disco, los cuales están provistos de al menos un elemento superconductor que se extiende según un trazado lineal o curvilíneo, formando una geometría previamente establecida.

Estas geometrías pueden ser cualquiera de las modalidades de estator bilateral, rotor bilateral y/o estator lateral, sin que se limitativa en número.

Preferiblemente dicho elemento superconductor adopta la forma de una cinta que se coloca sobre una pista de material conductor en los discos del rotor y/o el estator. El estator puede consistir en dos semiestatores en forma de disco entre los cuales se dispone el rotor; en este caso cada semiestator está alimentado por las tres fases de un suministro de corriente alterna trifásica. El rotor puede estar constituido por material superconductor en forma de cinta o pastillas de acuerdo a una geometría previamente establecida, la cual dependerá de las funciones que esta máquina eléctrica realice, ya

sea como motor o como generador.

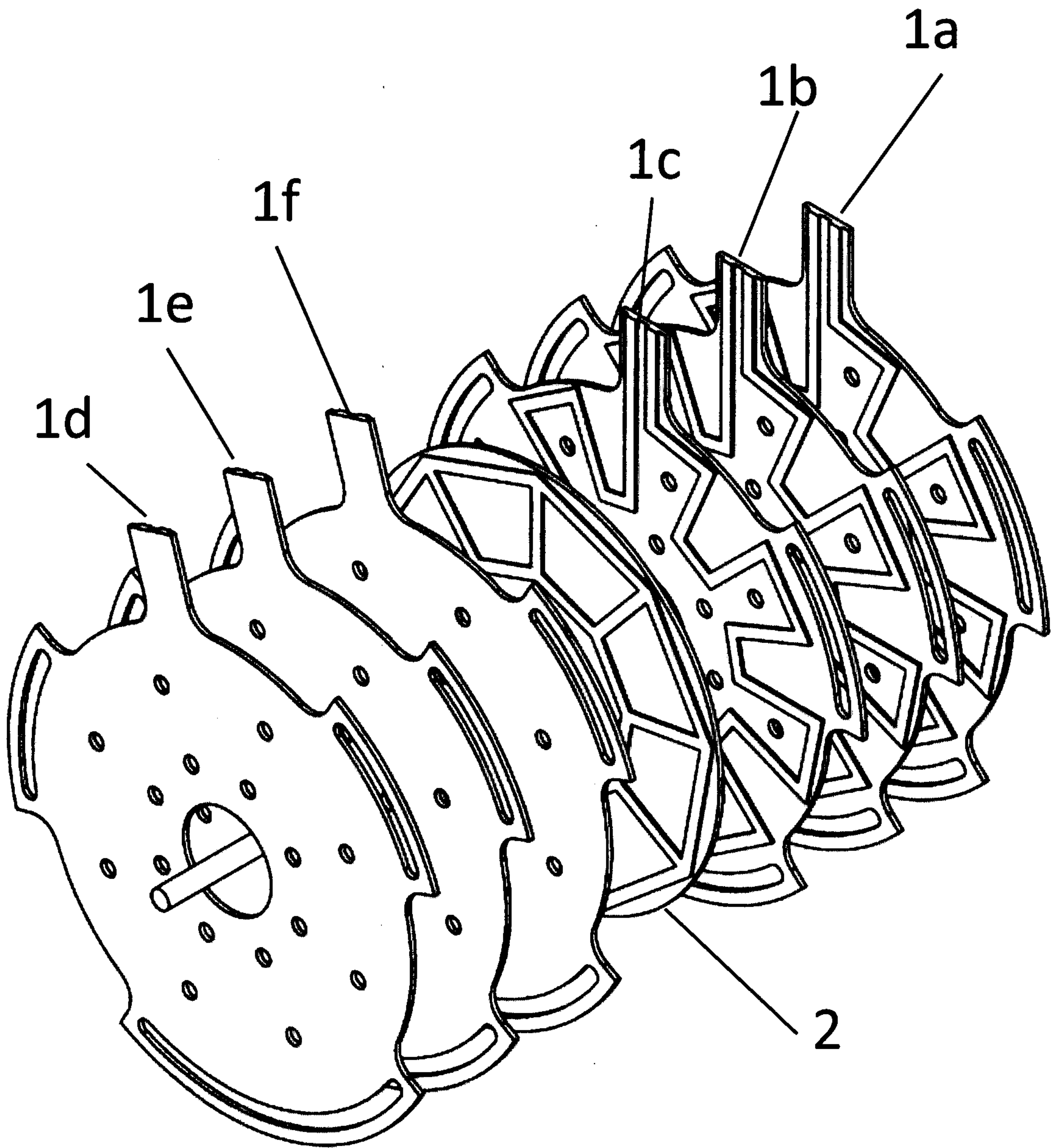
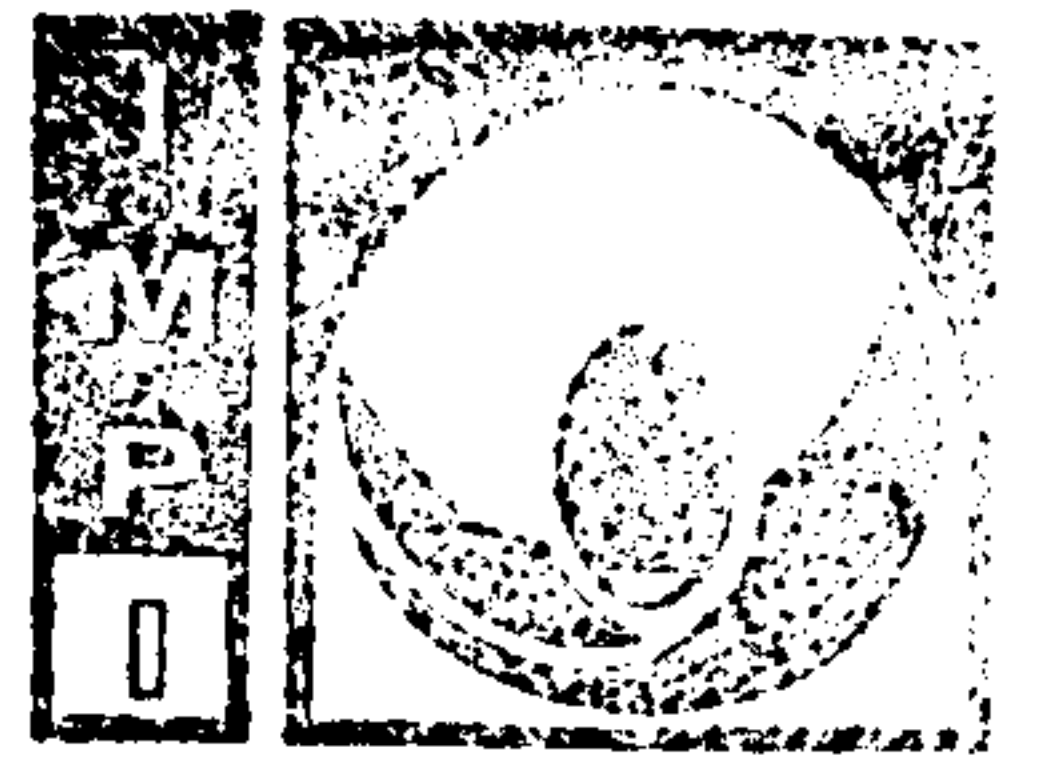


Figura 1



Instituto  
Mexicano

de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

2/12

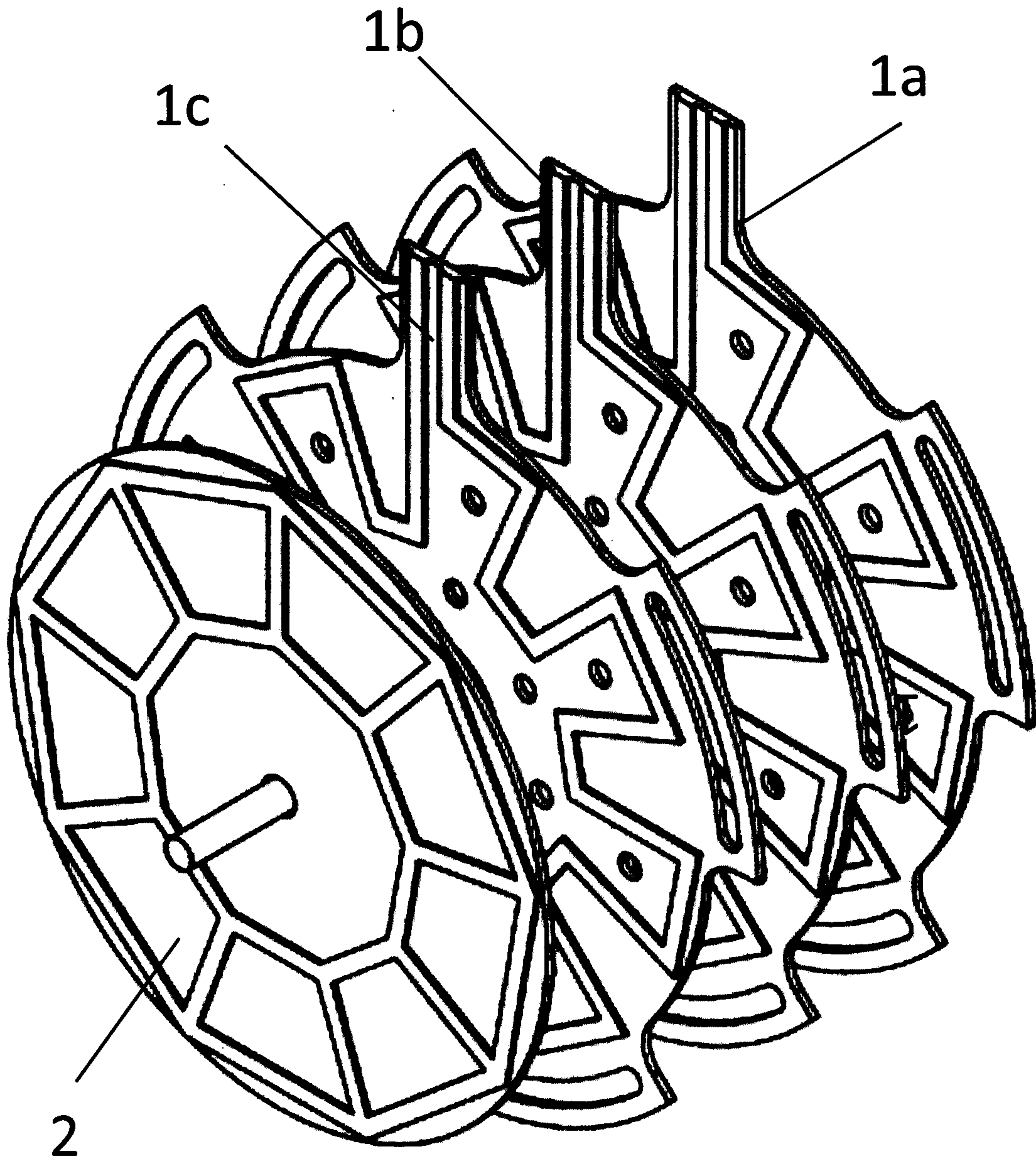
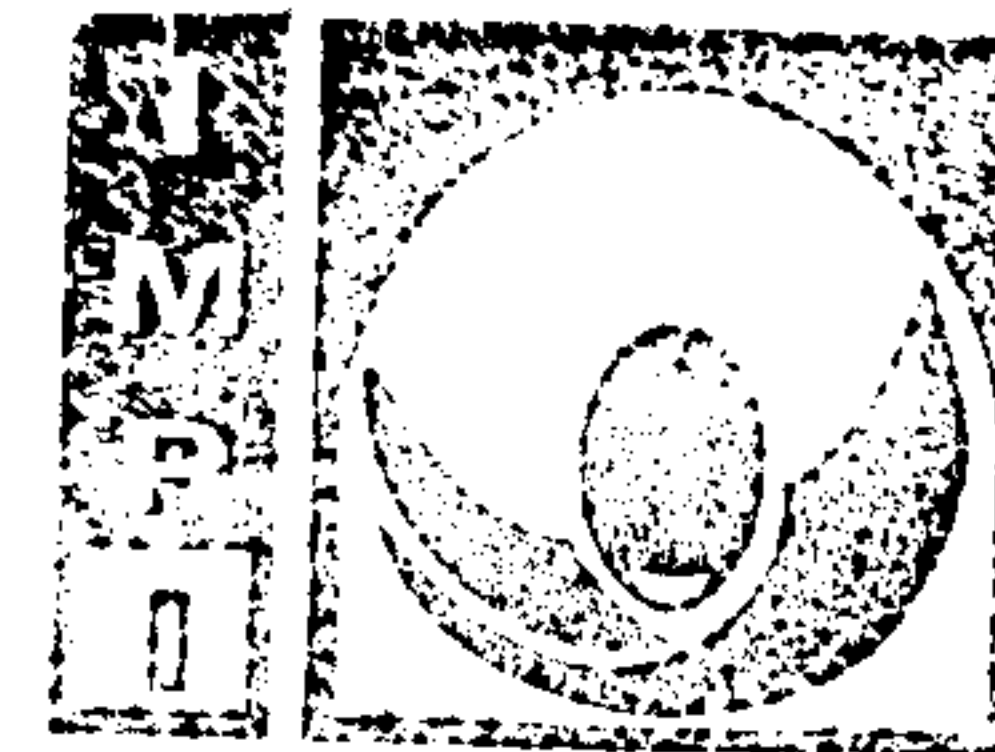


Figura 2



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

3/12

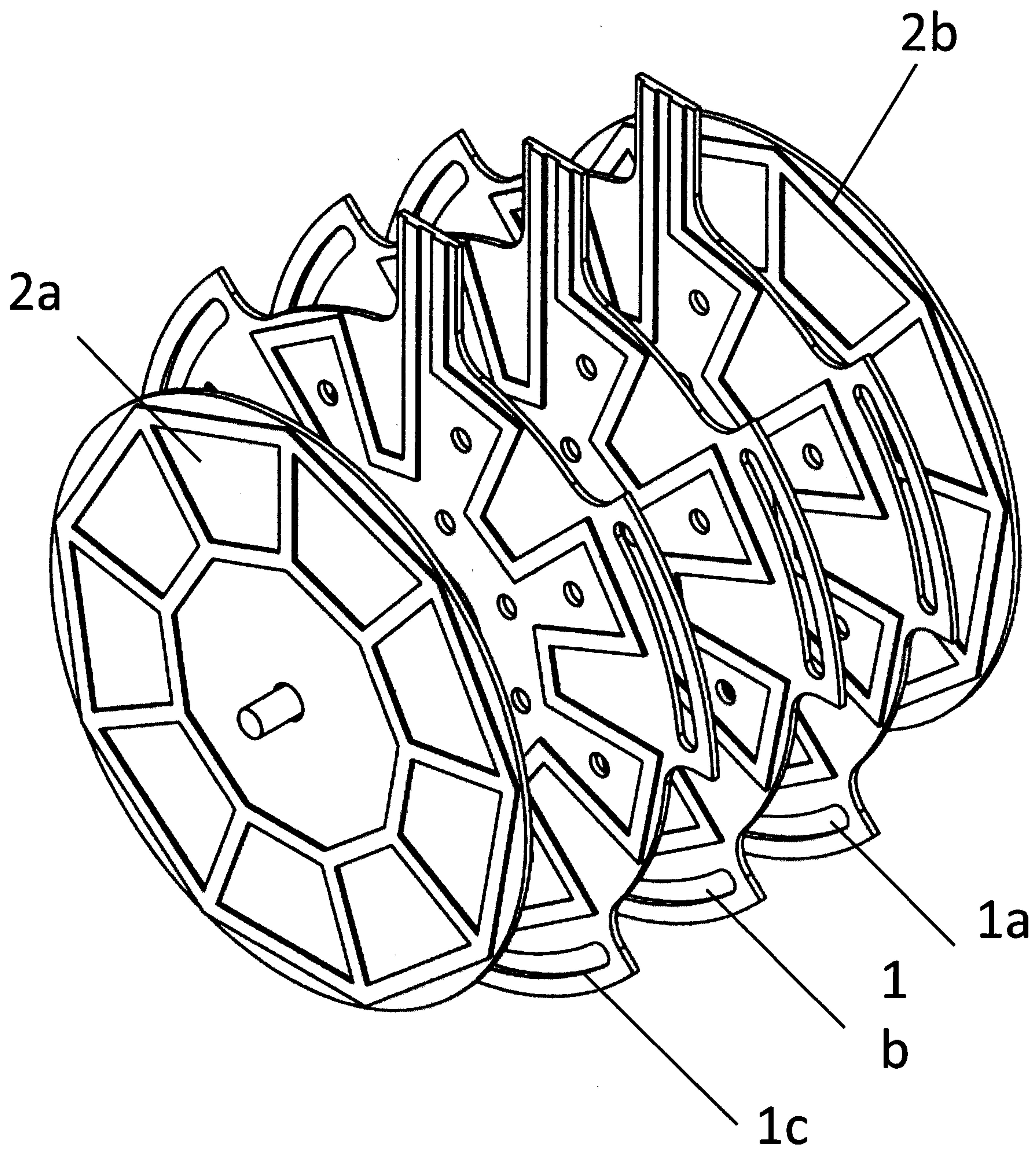
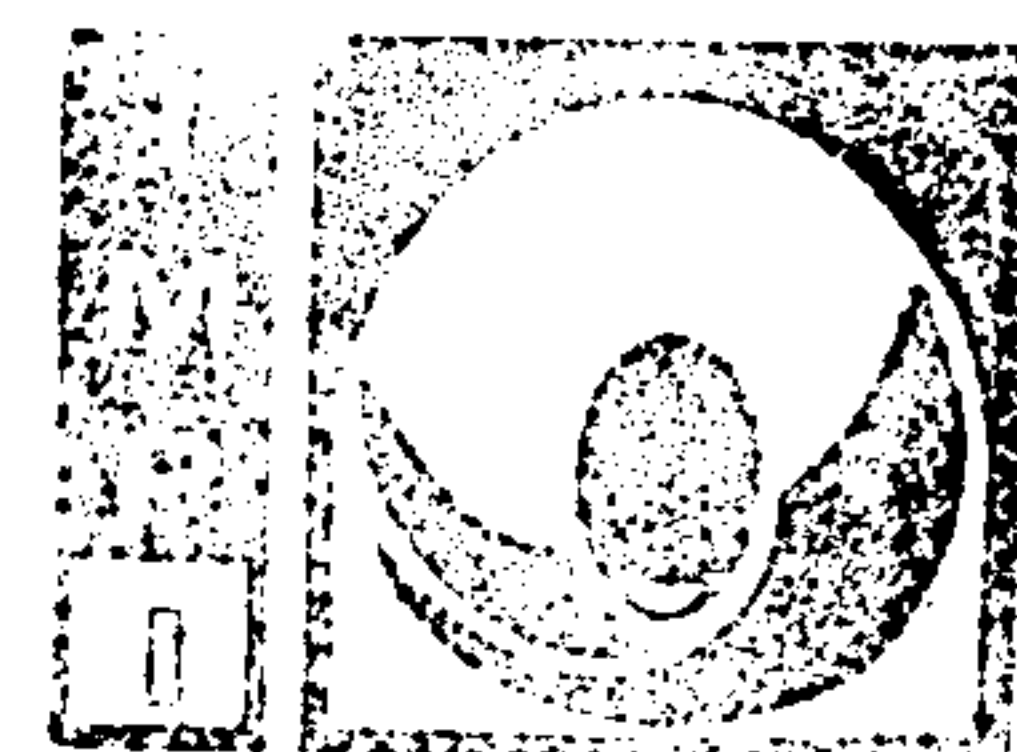


Figura 3



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

4/12

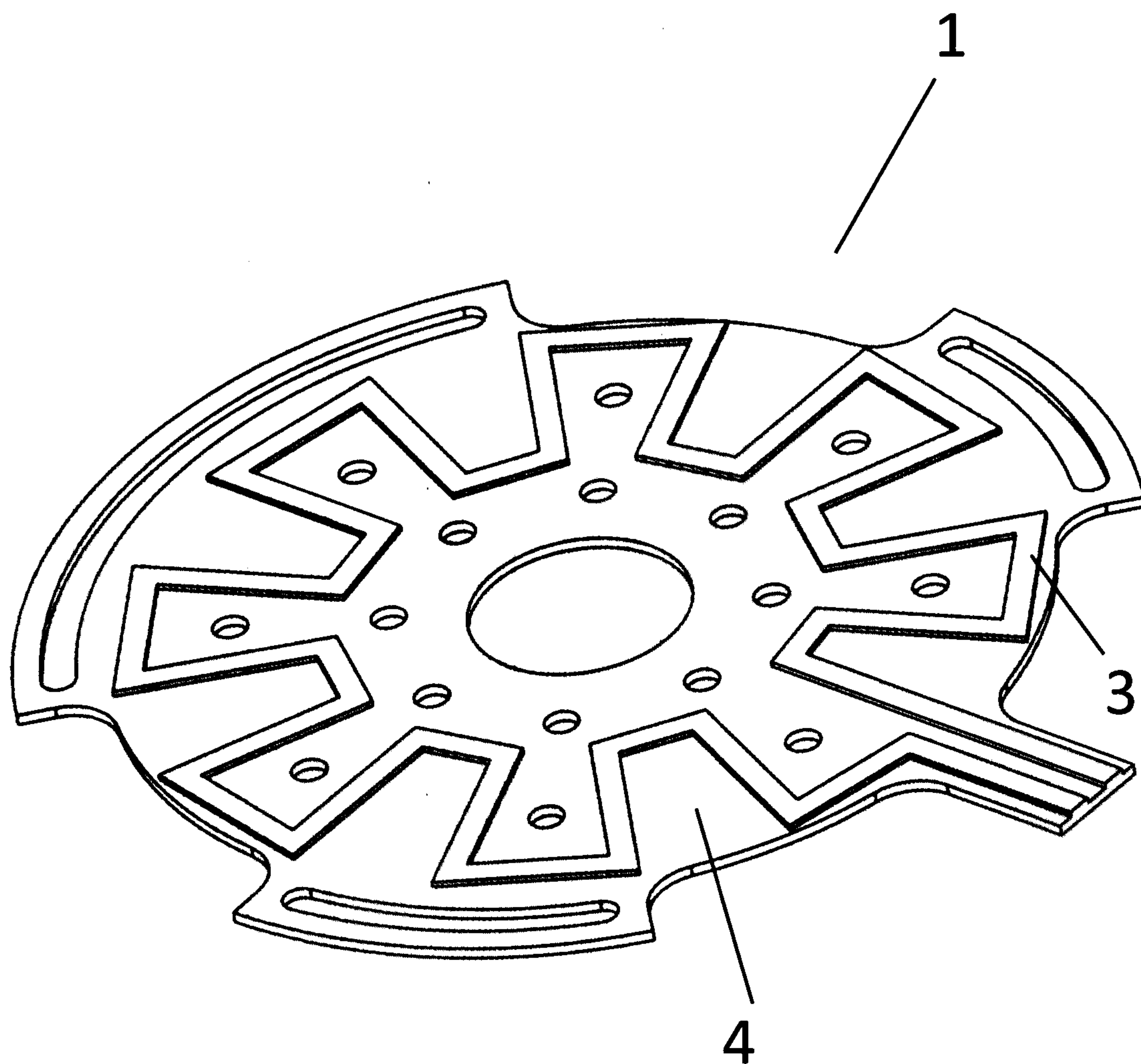
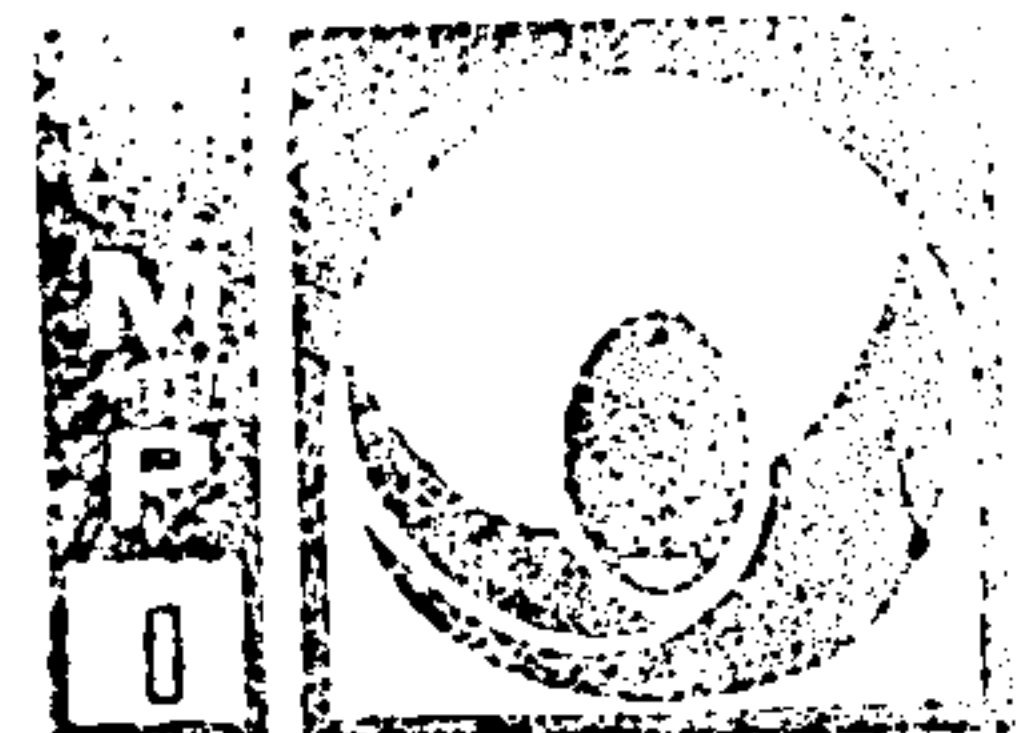


Figura 4



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

5/12

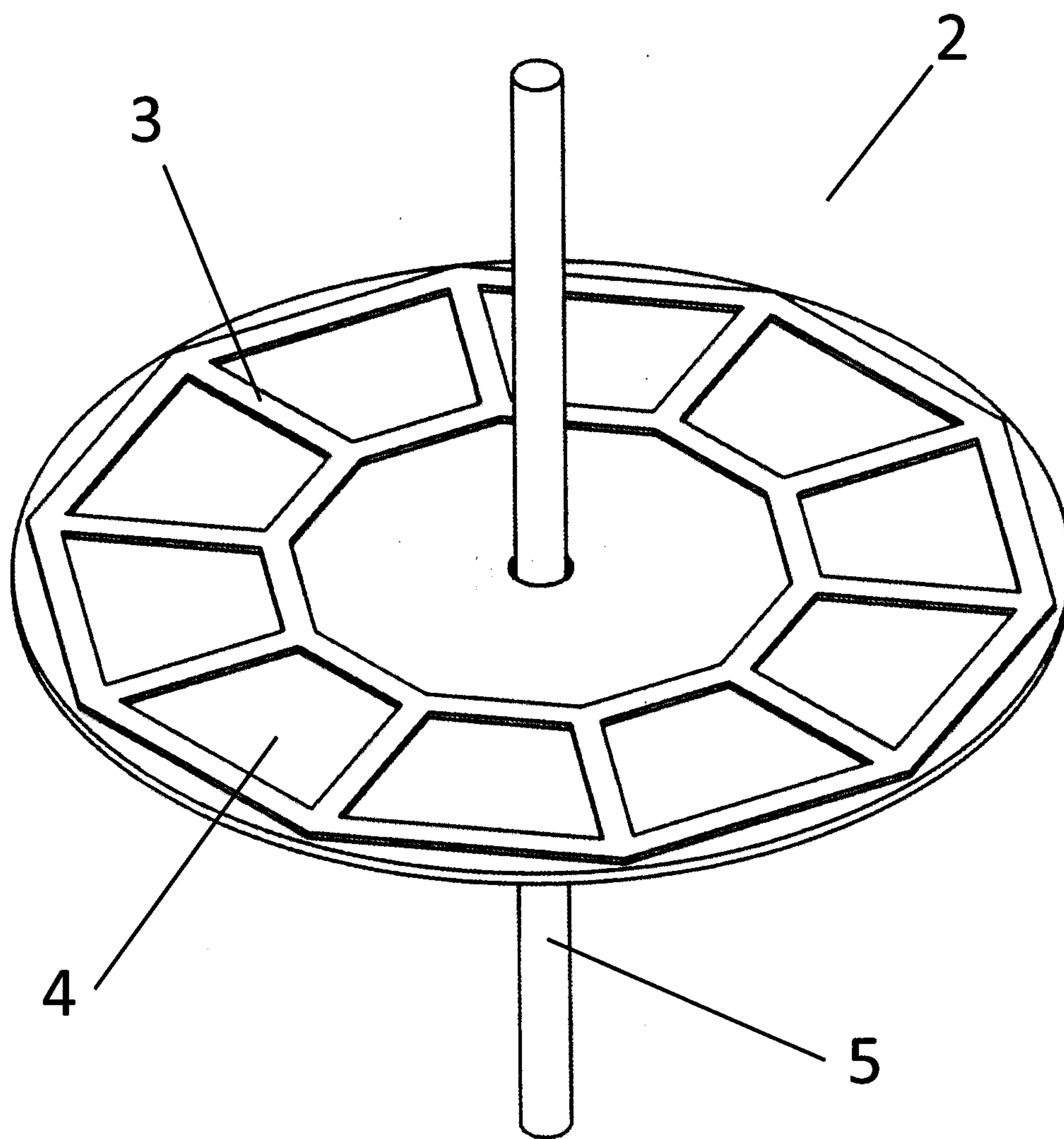
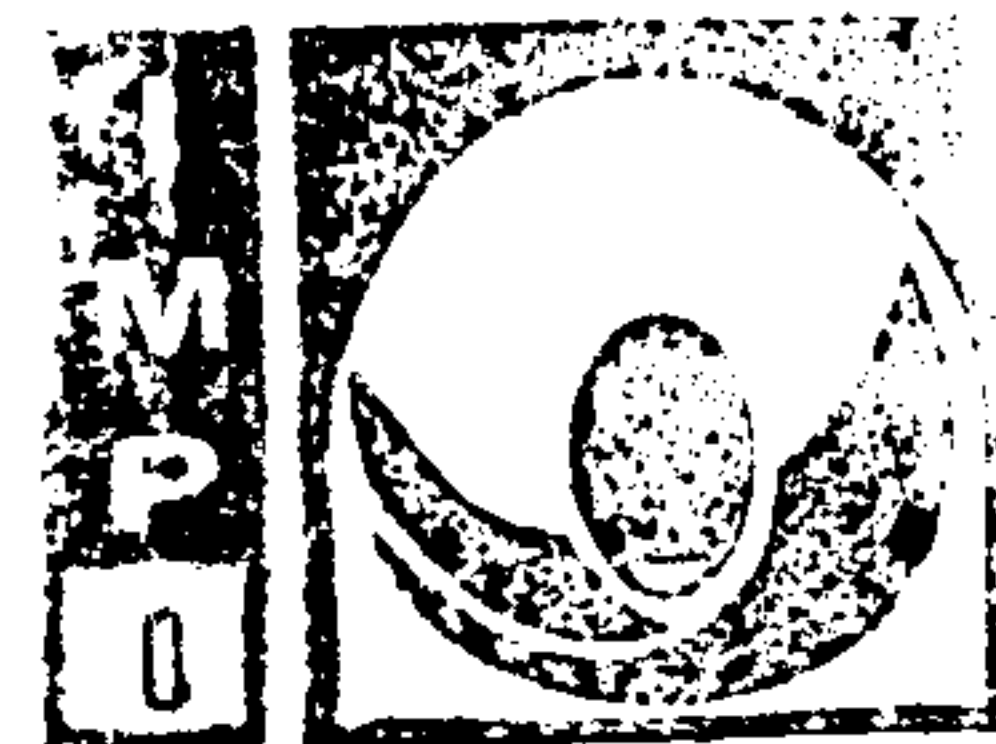


Figura 5





Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

6/12

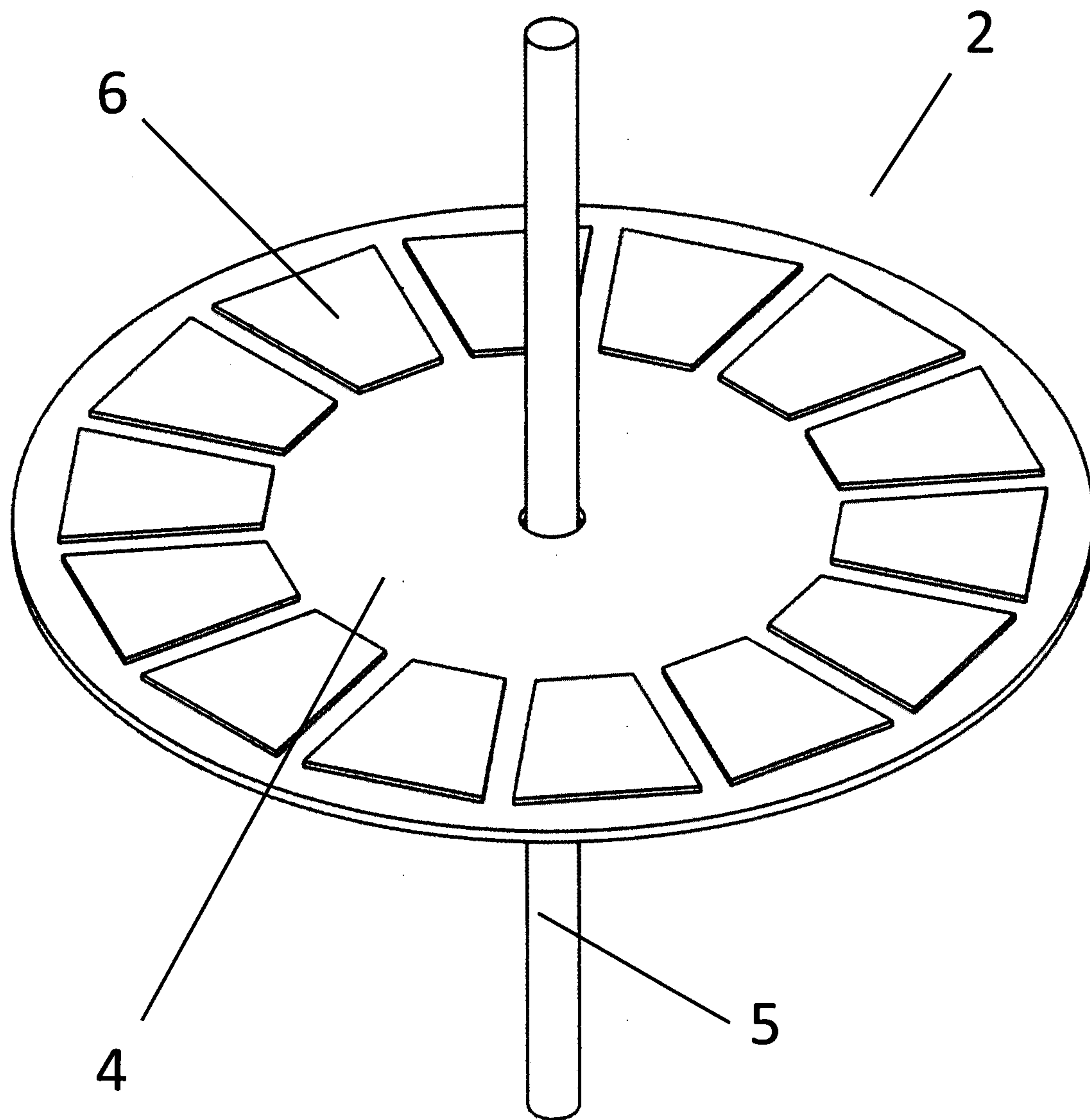
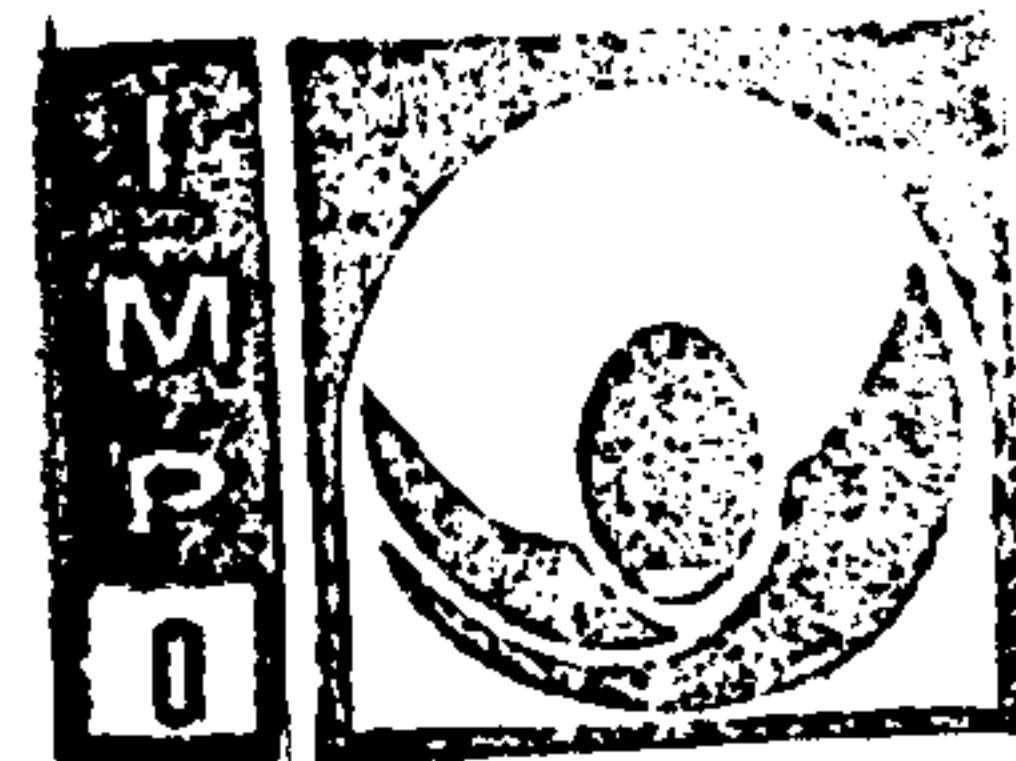


Figura 6



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

7/12

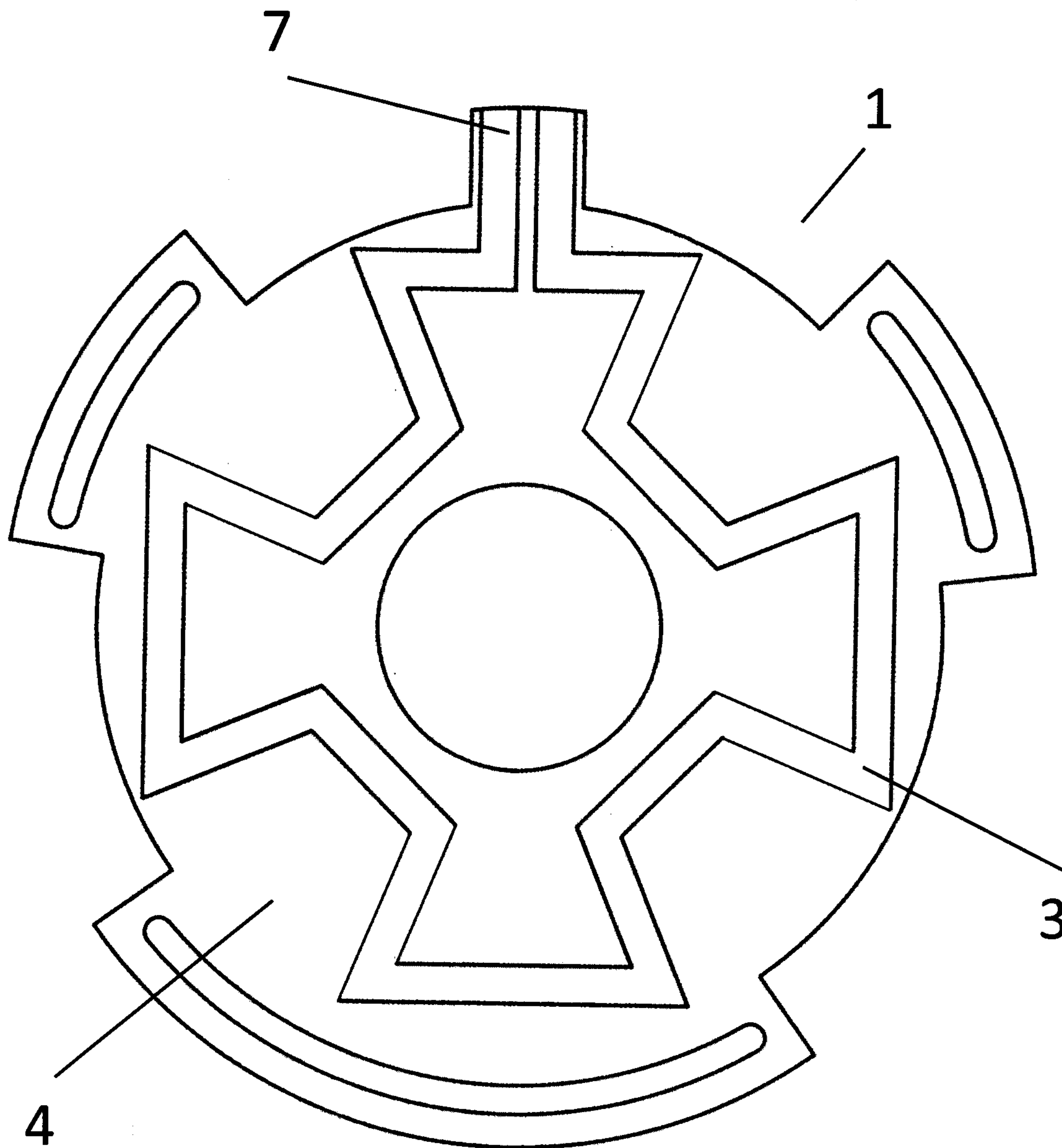


Figura 7



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

8/12

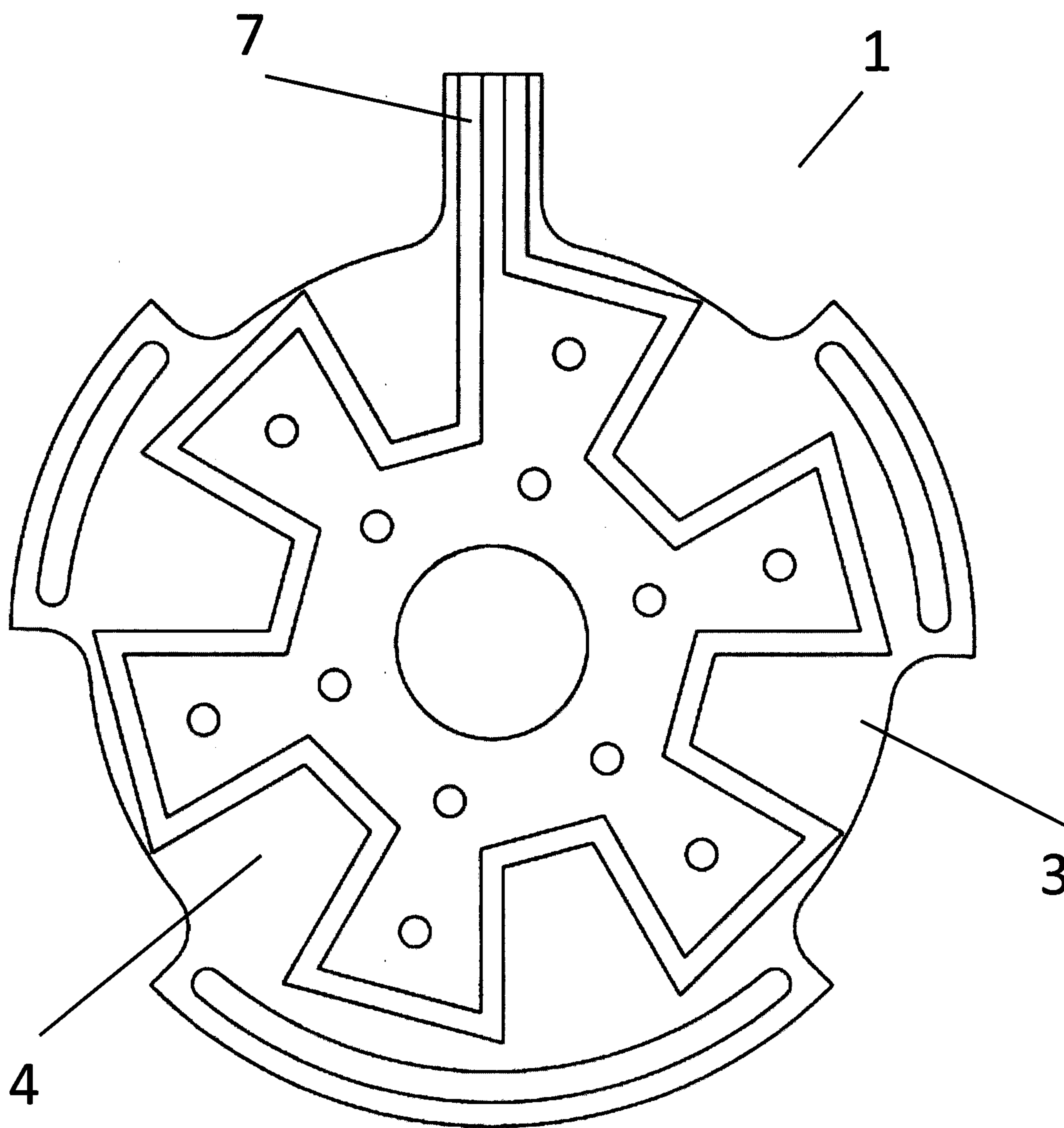
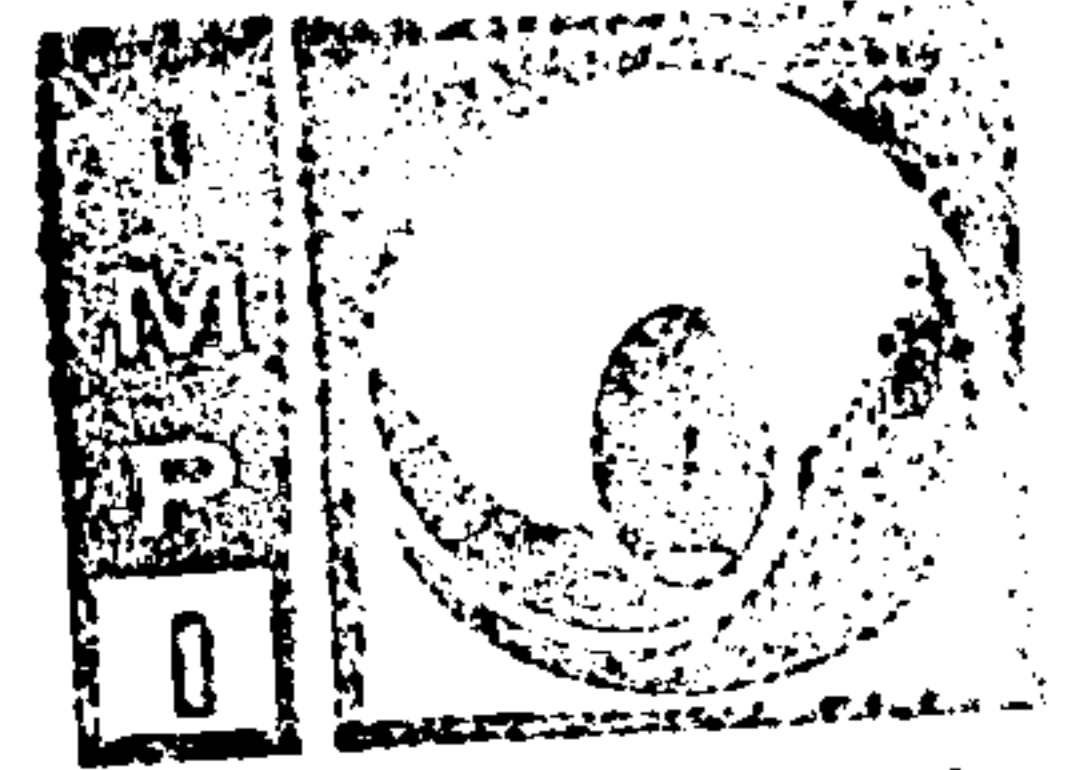


Figura 8



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

9/12

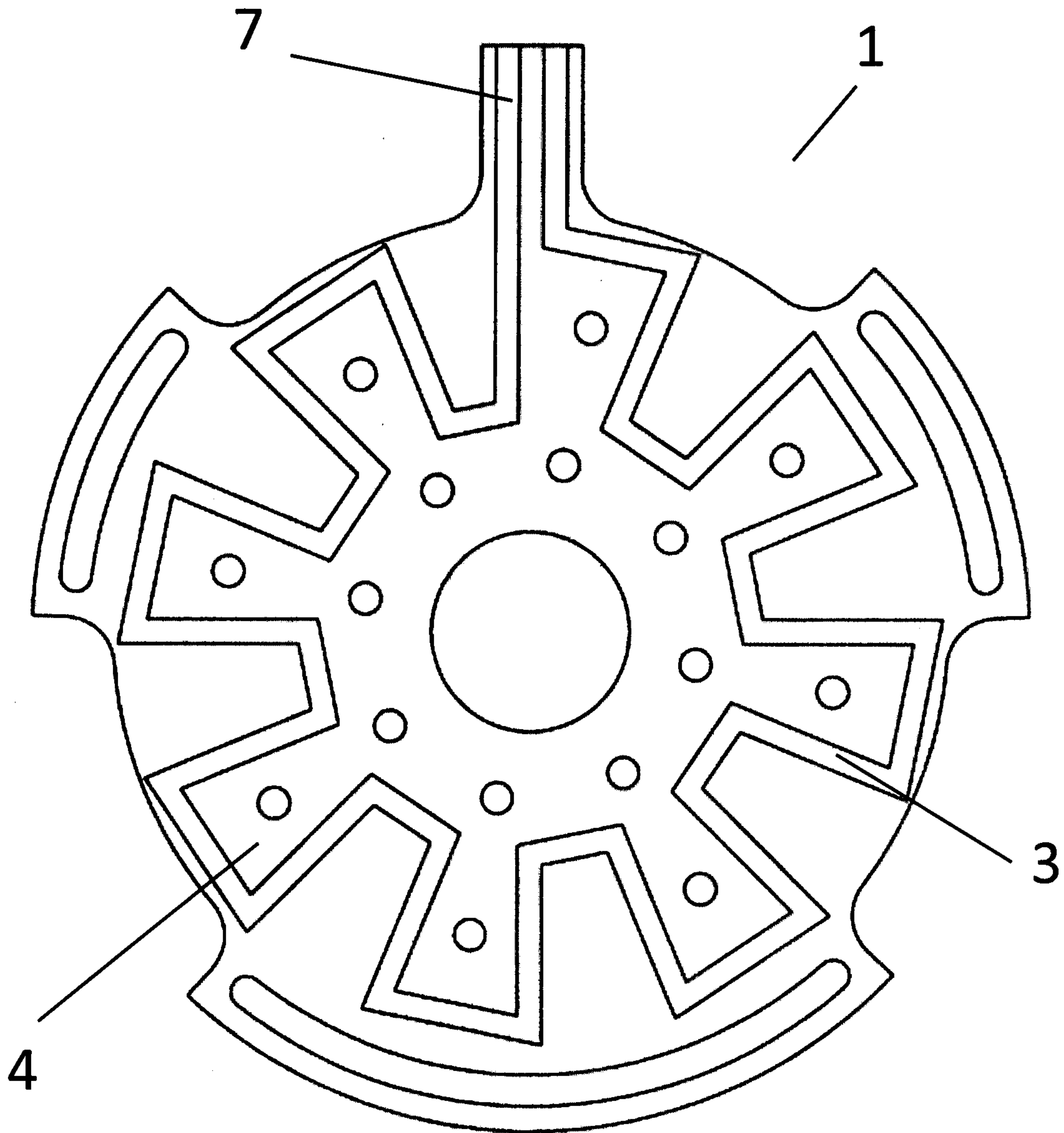
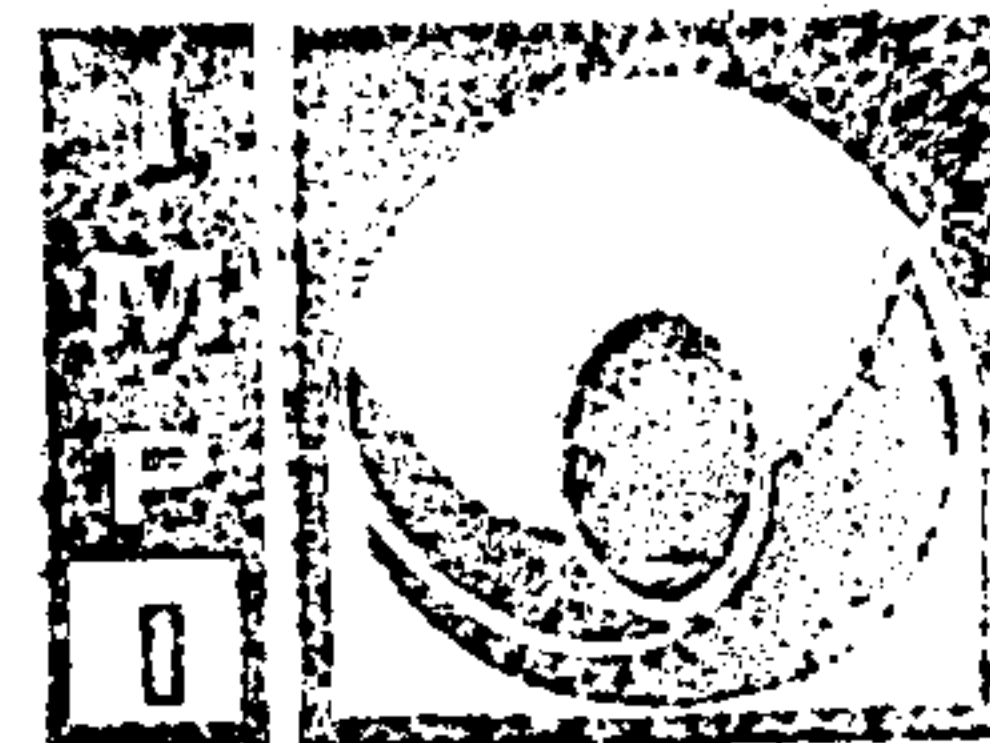


Figura 9



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

10/12

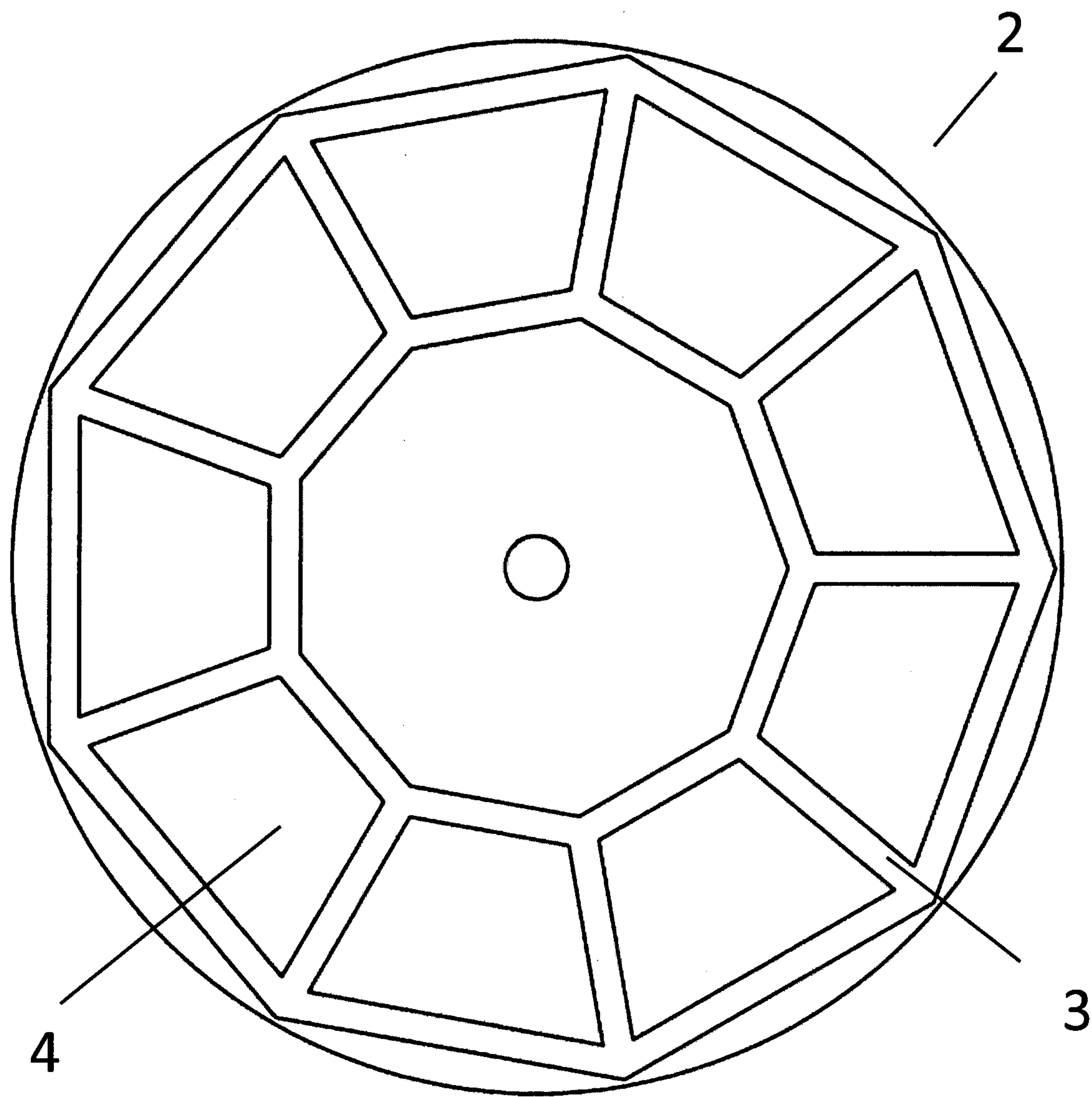
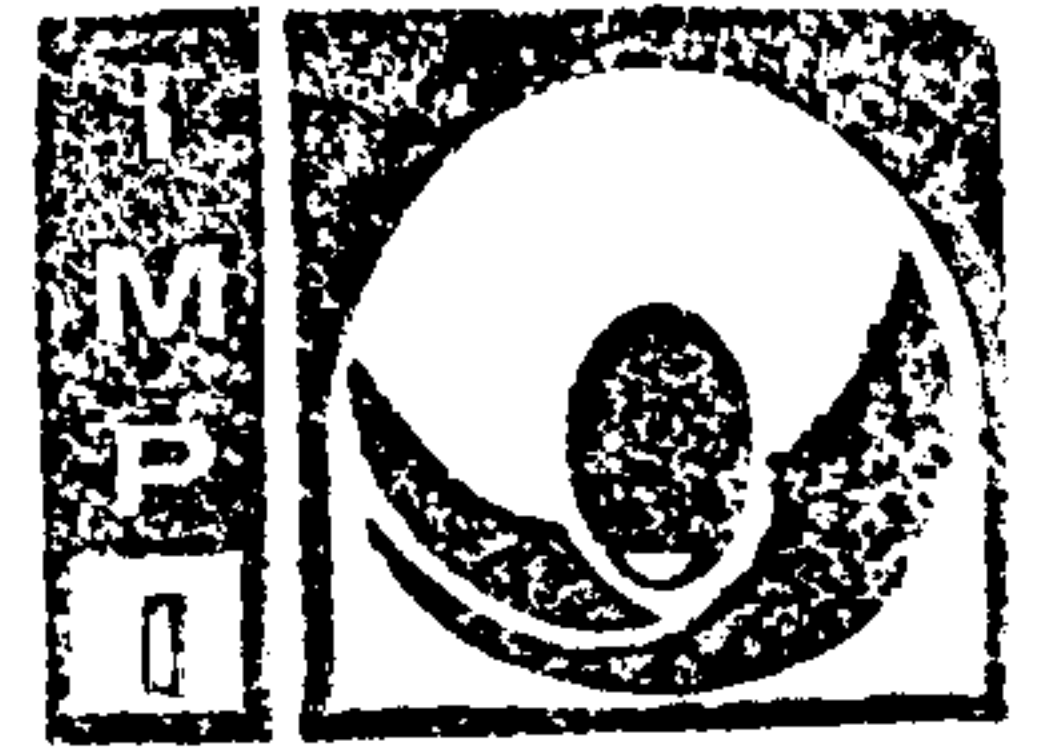


Figura 10



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

11/12

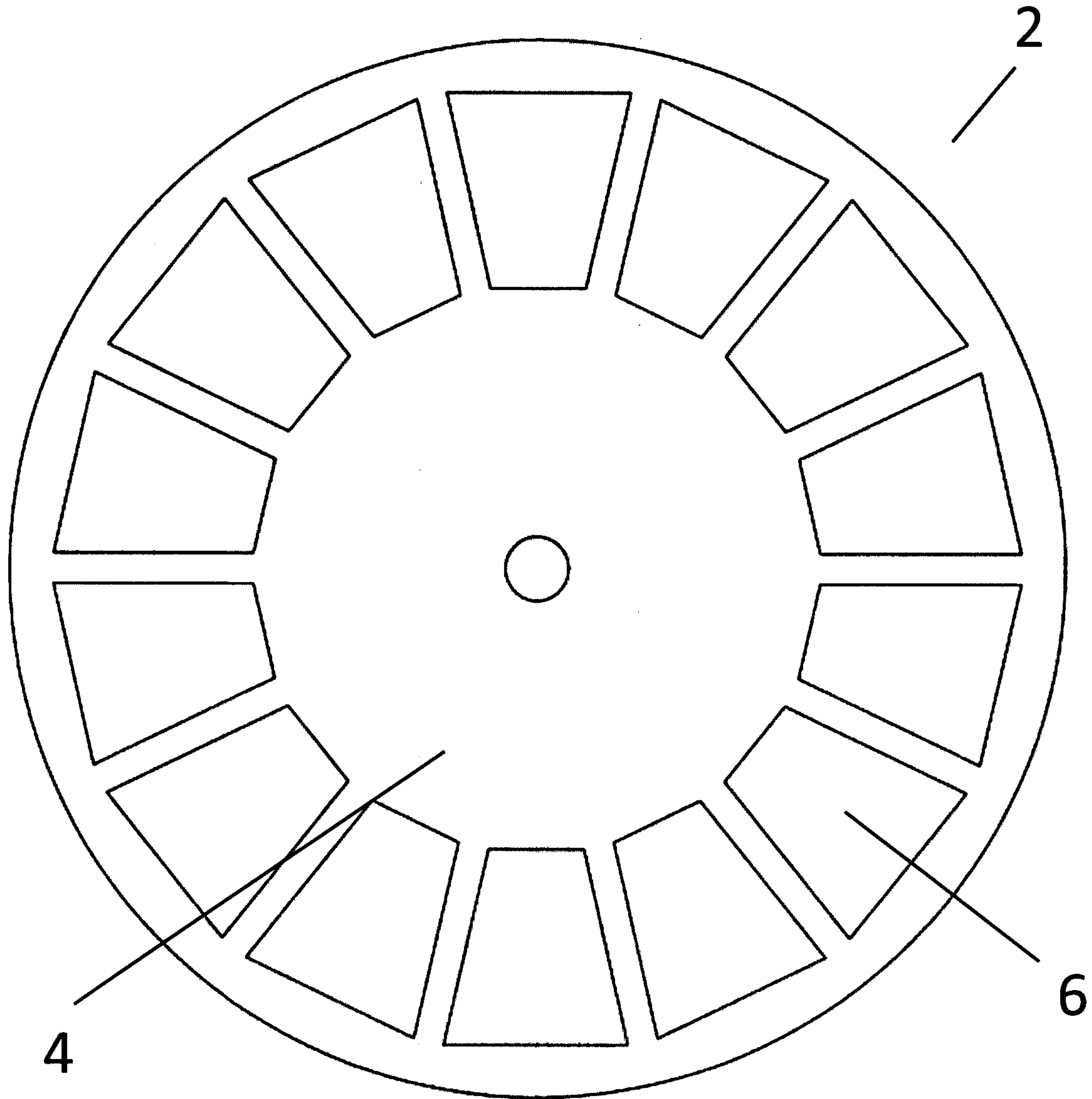


Figura 11

12/12

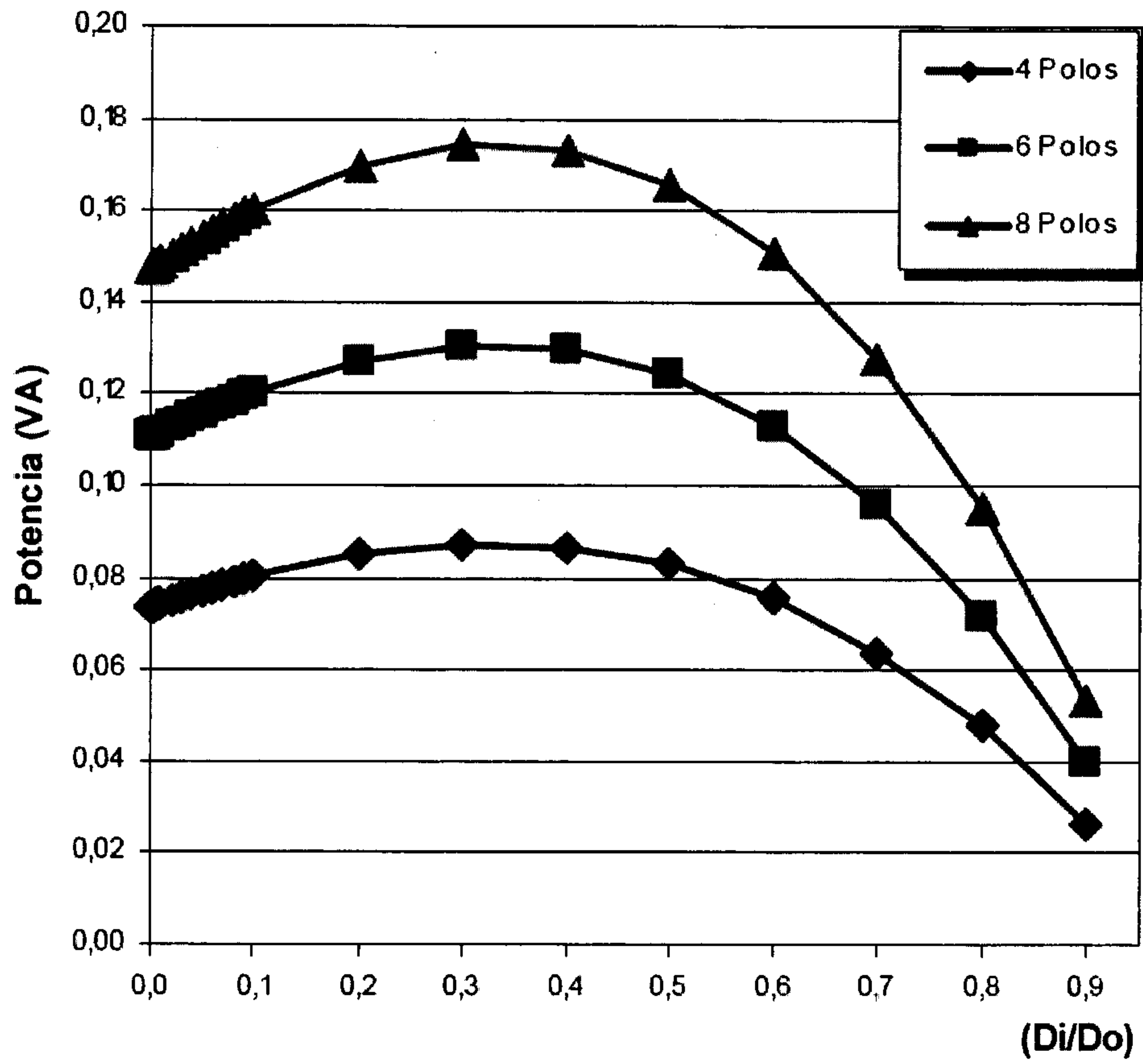


Figura 12