

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 853**

51 Int. Cl.:

G01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2008 PCT/FR2008/001626**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2009 WO09101270**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2008 E 08872429 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2212652**

54 Título: **Sensor de posición magnético angular o lineal que presenta una insensibilidad a los campos exteriores**

30 Prioridad:

20.11.2007 FR 0708132

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.12.2016

73 Titular/es:

**MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (MMT)
(100.0%)**

**ZAC La Fayette 1 rue Christiaan Huygens
25000 Besançon, FR**

72 Inventor/es:

**MASSON, GÉRALD;
JERANCE, NIKOLA;
FRACHON, DIDIER;
ARLOT, RICHARD y
DORGE, THIERRY**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 593 853 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sensor de posición magnético angular o lineal que presenta una insensibilidad a los campos exteriores

5 La presente invención se refiere al campo de los sensores de posición rotativos y lineales magnéticos para unos ángulos que pueden ir hasta 360°, incluso más y unos desplazamientos que pueden ir a unos centenares de milímetros y más particularmente a los sensores de posición destinados a la medida de la posición angular de una columna de dirección para automóvil, sin que esta aplicación se exclusiva.

10 Los sensores sin contacto que detectan el ángulo o un desplazamiento a partir de un campo magnético tienen numerosas ventajas:

- sin contacto mecánico con la parte móvil y, por lo tanto, sin desgaste,
- insensibilidad a la suciedad,
- 15 • coste de producción reducido,
- larga duración de vida.

20 Se conoce en el estado de la técnica la patente europea EP1083406 que describe un sensor rotativo (Figuras 1 y 2), que presenta un imán de manguito y dos elementos magnetosensibles, que miden la componente radial del campo generado por el imán y que lleva a dos señales sinusoidales en cuadratura que sirven después de decodificación para detectar la posición sobre 360 grados.

25 El inconveniente de esta solución es su sensibilidad al campo exterior. De hecho, cualquier campo exterior en el plano de las sondas inducirá un error importante de no linealidad.

30 Se conoce en el estado de la técnica la patente WO07057563 del depositante que describe un sensor de posición (Figuras 3 y 4) que permite utilizar dos componentes del campo magnético (radial y tangencial o axial y tangencial) medidas sustancialmente en un solo punto fuera del eje de rotación de un imán de manguito o disco imantado diametralmente, para conocer su posición angular incluso si este ángulo no corresponde al ángulo del campo magnético. La componente radial y la componente axial del campo magnético generado por el imán son dos sinusoides que están en fase, mientras que la componente tangencial es una senoide defasada en 90 grados con respecto a las otras dos componentes del campo magnético (véase Figura 4). Por lo tanto, es posible utilizar un par de componentes del campo magnético defasadas en 90 grados (tangencial y radial o tangencial y axial) para decodificar el ángulo del imán. La decodificación de la posición angular del imán a partir de estas dos componentes, 35 cuyas amplitudes son en general diferentes, necesita la normalización de las dos componentes utilizadas para poder hacer el cálculo del arco tangente con el fin de deducir de ello el ángulo. Se conoce igualmente en el estado de la técnica la patente PCT WO27099238 del depositante que describe un sensor de posición lineal y rotativo (para unos ángulos inferiores a 360°) que utiliza el mismo principio que el sensor 360° descrito anteriormente. Utiliza dos componentes del campo magnético (normal y tangencial o axial y tangencial) medidas sustancialmente en un mismo punto y generado por un imán plano o con forma de teja cuya dirección de imantación es variable continuamente a lo largo del desplazamiento.

45 El inconveniente de estas dos soluciones es la sensibilidad a cualquier campo magnético exterior. Es posible blindar el sensor, pero esto añade unas piezas suplementarias y aumenta el coste de fabricación, así como el espacio necesario del sensor. Es más, la aplicación de una ganancia entre las componentes es problemática (ruido de la sonda, deriva de temperatura) y la imantación diametral (en el caso del sensor 360°) no es cómoda y puede provocar unos errores de armónicos. De hecho, los rendimientos (linealidad de la señal de salida) del sensor 360° dependen directamente de la obtención de una buena imantación diametral. El campo de imantación, representado en la figura 5, necesario para imantar diametralmente un imán de manguito se obtiene cómodamente con una sencilla bobina recorrida por una corriente. La diferencia de permeabilidad magnética entre el aire y el material que hay que imantar produce una curvatura de las líneas de campo, curvatura que sigue la relación de refracción en la frontera entre dos medios siguiente:

$$\frac{\tan(\alpha_1)}{\tan(\alpha_2)} = \frac{\mu_{r1}}{\mu_{r2}}$$

55 Esta curvatura se traduce en una imantación del material que no es diametral y, por lo tanto, en una distorsión de las dos componentes medidas, tales como se representan en la figura 4. Estas dos señales no son dos sinusoides perfectas defasadas en 90°, lo que se traduce durante la decodificación en una no linealidad muy fuerte como podemos constatarlo en esta misma figura 6 que muestra la señal decodificada a partir de las dos componentes del campo magnético.

60 El documento europeo DE102006051720 describe un sensor según el estado de la técnica.

ES 2 593 853 T3

La presente invención se propone resolver los problemas mencionados más arriba permitiendo la utilización de una combinación de dos parejas componentes del campo magnético (normales y tangenciales) medidas en dos puntos desviados espacialmente de manera preferente en un cuarto de periodo.

5 El periodo para un sensor rotativo es el ángulo total del imán.

El periodo para un sensor lineal es su longitud.

10 Se miden dos componentes en un mismo punto (físicamente, consideramos que las medidas se hacen en un mismo punto, si la distancia efectiva entre los puntos de medida de las dos componentes del campo magnético es inferior a 5 mm) y se miden otras dos componentes en otro punto desviado espacialmente en aproximadamente un cuarto de periodo (Ej.: desvío de 90° para un sensor 360°). De esta manera, la solución descrita a continuación permite disminuir el efecto del campo exterior, compensar una parte de los errores de armónicos debidos a la imantación y no utilizar más una ganancia entre las componentes.

15 Sea:

Bn1 Componente normal en el punto 1

20 Bt1 Componente tangencial en el punto 1

Bn2 Componente normal en el punto 2

25 Bt2 Componente tangencial en el punto 2

Sea TETA el ángulo de rotación, y tomando en cuenta el error de armónico 3 (error mayoritario) debido a la imantación diametral, tenemos:

$$30 \quad Bn1 = h1 \cdot \cos(TETA) + h3 \cdot \cos(3TETA)$$

$$Bt1 = h'1 \cdot \sin(TETA) + h'3 \cdot \sin(3TETA)$$

Si los puntos 1 y 2 están espacialmente desviados en 90°, entonces

$$35 \quad Bn2 = h1 \cdot \cos(TETA + 2/PI) + h3 \cdot \cos(3(TETA + 2/PI)) = -h1 \cdot \sin(TETA) + h3 \cdot \sin(3TETA)$$

$$Bt2 = h'1 \cdot \sin(TETA + 2/PI) + h'3 \cdot \sin(3(TETA + 2/PI)) = h'1 \cdot \cos(TETA) - h'3 \cdot \cos(3TETA)$$

La presente invención propone combinar las componentes de dos en dos de la siguiente forma:

$$40 \quad Bn = Bn1 + Bt2$$

$$Bt = Bt1 - Bn2$$

45 De esta manera:

$$Bn = h1 \cdot \cos(TETA) + h3 \cdot \sin(3TETA) + h'1 \cdot \cos(TETA) - h'3 \cdot \cos(3TETA)$$

$$50 \quad = (h1 + h'1) \cdot \cos(TETA) + \underbrace{(h3 - h'3)}_{=0} \cdot \cos(3TETA)$$

$$= (h1 + h'1) \cdot \cos(TETA)$$

$$55 \quad Bt = h1 \cdot \sin(TETA) - h3 \cdot \sin(3TETA) + h'1 \cdot \sin(TETA) + h'3 \cdot \sin(3TETA)$$

$$= (h1 + h'1) \cdot \sin(TETA) + \underbrace{(h'3 - h3)}_{=0} \cdot \sin(3TETA)$$

$$60 \quad = (h1 + h'1) \cdot \sin(TETA)$$

De esta manera, las dos señales obtenidas son de misma amplitud pero defasadas en 90° y casi perfectamente sinusoidales. De hecho, la combinación de una componente normal imperfecta (forma triangular debida a un armónico 3) y de una componente tangencial imperfecta (forma rectangular debida a un armónico 3) permite anular o por lo menos disminuir fuertemente este defecto de armónico y obtener dos componentes casi sinusoidales.

65 Es más, si (véanse las figuras 13 y 14) tenemos un campo magnético exterior siguiendo el eje x e y (B_{x_ext} y

ES 2 593 853 T3

By_ext), la combinación de dos en dos de las componentes permite anular el efecto del campo exterior.

De esta manera, si se hace referencia a la posición 1 del imán de la figura 13, tenemos:

$$5 \quad B_{n1} = B_{n_m\acute{a}x} - B_{y_ext}$$

$$B_{t1} = -B_{x_ext}$$

$$10 \quad B_{n2} = -B_{x_ext}$$

$$B_{t2} = B_{t_m\acute{a}x} + B_{y_ext}$$

Lo que nos da al final:

$$15 \quad B_n = B_{n1} + B_{t2} = B_{n_m\acute{a}x} + B_{t_m\acute{a}x}$$

$$B_t = B_{t1} - B_{n2} = 0$$

Si se hace referencia a la posición 2 del imán de la figura 13, ahora tenemos:

$$20 \quad B_{n1} = 0 - B_{y_ext}$$

$$B_{t1} = -B_{t_m\acute{a}x} - B_{ext}$$

$$25 \quad B_{n2} = B_{n_m\acute{a}x} - B_{ext}$$

$$B_{t2} = B_{y_ext}$$

Lo que nos da:

$$30 \quad B_n = B_{n1} + B_{t2} = 0$$

$$B_t = B_{t1} - B_{n2} = -B_{n_m\acute{a}x} - B_{t_m\acute{a}x}$$

35 Las dos señales obtenidas son bastante de la misma amplitud y el efecto del campo exterior se ha anulado.

Según un modo de realización ventajoso para mejorar la precisión de una configuración de sensor rotativo en el caso en que los armónicos 3 de las componentes normales y tangenciales no son iguales ($h'_3 - h_3$) $\neq 0$. Este modo de realización retoma en cualquier punto la descripción de más arriba e integra por ello todas las ventajas de esta última.

Además, aporta como ventaja la compensación de la totalidad de los defectos de armónicos 3 debidos a los defectos de imantación relacionados con la geometría del imán, con el fin de obtener 2 componentes perfectamente sinusoidales, mediante la utilización de una combinación ingeniosa de 4*2 componentes del campo magnético (normales y tangenciales) medidas en 2*2 puntos desviados respectivamente de manera espacial en 1/4 de periodo (solución anterior) y preferentemente en 1/8 de periodo (desvío de 45° para un sensor 360°) como lo muestra la figura 25.

Sea:

50 Bn1a Componente normal en el punto 1a

Bn1b Componente normal en el punto 1b

55 Bt1a Componente tangencial en el punto 1a

Bt1b Componente tangencial en el punto 1b

60 Bn2a Componente normal en el punto 2a

Bn2b Componente normal en el punto 2b

Bt2a Componente tangencial en el punto 2a

65 Bt2b Componente tangencial en el punto 2b

ES 2 593 853 T3

La presente solución propone combinar de 2 en 2 las componentes normales y tangenciales de los dos pares de puntos (a y b) desviados en 1/8 de periodo previamente a las combinaciones descritas anteriormente, solución que permite eliminar el residual de armónico ($h_3-h'_3$) de la siguiente forma:

$$B_{n1} = B_{n1a} + B_{n1b}$$

$$B_{t1} = B_{t1a} + B_{t1b}$$

$$B_{n2} = B_{n2a} + B_{n2b}$$

$$B_{t2} = B_{t2a} + B_{t2b}$$

Sea TETA el ángulo de rotación, y como en el desarrollo de la solución anterior, tomando en cuenta el error de armónico 3 (error mayoritario) debido a la imantación diametral, obtenemos con $(h_3-h'_3) = 0$:

$$B_n = (h_1 + h'_1) \cdot \cos(\text{TETA})$$

$$B_t = (h_1 + h'_1) \cdot \sin(\text{TETA})$$

Todas las consideraciones con un campo magnético exterior se quedan sin cambios.

El circuito de tratamiento de señal digital combina las componentes (lo que permite obtener dos sinusoides cuya amplitud es sustancialmente la misma) y efectúa las diferentes compensaciones (de offset, de ortogonalidad, de variación de los parámetros de la sonda de temperatura) antes de hacer la división y el cálculo de arco tangente. El ángulo obtenido está disponible a la salida del circuito integrado, por ejemplo, con la forma de una tensión proporcional a este ángulo.

En una configuración lineal tal como se muestra en las figuras 20 y 21 en que el campo magnético gira continuamente a lo largo del recorrido del sensor, pueden igualmente combinarse de dos en dos las componentes del campo magnético para eliminar el campo exterior.

Sea:

B_{n1} Componente normal en el punto 1

B_{t1} Componente tangencial en el punto 1

B_{n2} Componente normal en el punto 2

B_{t2} Componente tangencial en el punto 2

X el recorrido del sensor, L el recorrido total del sensor

d la distancia entre el punto 1 y el punto 2 ($0 < d < L$)

Entonces

$$B_{n1} = h_1 \cdot \cos(2xL/\pi) - B_{y_ext}$$

$$B_{t1} = h_1 \cdot \sin(2xL/\pi) + B_{x_ext}$$

$$B_{n2} = h_1 \cdot \cos(2xL/\pi + 2dL/\pi) - B_{y_ext}$$

$$B_{t2} = h_1 \cdot \sin(2xL/\pi + 2dL/\pi) + B_{x_ext}$$

$$\text{Sea } B_{n1} - B_{n2} = h_1 \cdot (\cos(2xL/\pi) - \cos(2xL/\pi + 2dL/\pi))$$

$$B_{t1} - B_{t2} = h_1 \cdot (\sin(2xL/\pi) - \sin(2xL/\pi + 2dL/\pi))$$

$$B_{n1} - B_{n2} = h_1 \cdot (\cos 2xL/\pi - \cos(2xL/\pi + 2dL/\pi))$$

$$= -2h_1 \cdot \sin(2xL/\pi + dL/\pi) \cdot \sin(-dL/\pi)$$

$$= (-2 \cdot h_1 \cdot \sin(-dL/\pi)) \cdot \sin(2xL/\pi + dL/\pi)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$
Constante -A.h'1

$$\begin{aligned}
 B_{t1}-B_{t2} &= h'1 * (\text{sen}(2xL/PI) - \text{sen}(2xL/PI + 2dL/PI)) \\
 &= 2 * h'1 * \cos(2xL/PI + dL/PI) * \text{sen}(-d/L * PI) \\
 &= (2h'1 * \underbrace{\text{sen}(-d/L * PI)}_{\text{Constante A.h'1}}) * \cos(2xL/PI + dL/PI)
 \end{aligned}$$

Constante A.h'1

$$B_{n1}-B_{n2} = - Ah'1 * \text{sen}(2xL/PI + dL/PI)$$

$$B_{t1}-B_{t2} = Ah'1 * \cos(2xL/PI + dL/PI)$$

De esta manera, las dos señales obtenidas son de amplitudes diferentes, pero defasadas en 90°, y perfectamente sinusoidales. La combinación de dos en dos de las componentes permite eliminar cualquier campo exterior homogéneo sea cual sea su dirección.

La amplitud de las dos señales obtenidas depende de la distancia entre los dos puntos 1 y 2. La amplitud será máxima si los dos puntos están espaciados en un semiperiodo (d=L/2) y nula si d=0 o L. Por lo tanto, se dará preferencia a un desvío entre los dos puntos 1 y 2 correspondiente a aproximadamente 1/4 de periodo que resulta ser un buen compromiso entre la amplitud de las señales obtenidas y el espacio necesario del sensor.

El circuito de tratamiento de señal digital combina las componentes y efectúa las diferentes compensaciones (de offset, de ortogonalidad, de variación de los parámetros de la sonda de temperatura) normaliza las señales antes de hacer la división y el cálculo de arco tangente. La señal de salida obtenida está disponible a la salida del circuito integrado, por ejemplo, con la forma de una tensión proporcional al recorrido lineal del sensor.

La invención se comprenderá mejor a la vista de las diferentes figuras.

- la figura 1 representa una vista de un sensor rotativo de la técnica anterior que utiliza dos componentes normales de la inducción medida en dos puntos espacialmente desviados en 90°,
- la figura 2 muestra las dos componentes normales de la inducción magnética de una solución de la técnica anterior,
- la figura 3 representa una vista de un sensor rotativo de la técnica anterior que utiliza una componente normal y tangencial de la inducción,
- la figura 4 representa la componente normal y tangencial de la inducción magnética en un mismo punto de una solución de la técnica anterior,
- la figura 5 representa las líneas de campo en el interior del imán durante la imantación para un material con una permeabilidad relativa (μr) igual a 1,2,
- la figura 6 representa las componentes normal y tangencial de la inducción magnética así como la no linealidad de la señal medidas en un imán de manguito circular isótropo imantado "diametralmente",
- la figura 7 representa una vista general de la presente invención con las dos sondas bidireccionales 31 y 32,
- la figura 8 representa una vista en 3D de la presente invención con las dos sondas bidireccionales 31 y 32,
- la figura 9 representa únicamente las componentes normal y tangencial de la inducción magnética de la sonda 31,
- la figura 10 representa la no linealidad de la señal medida por la sonda 31 en un imán de manguito circular isótropo imantado "diametralmente",
- la figura 11 representa dos señales sinusoidales obtenidas a partir de la combinación de dos en dos de las componentes normales y tangenciales de la inducción magnética medidas por las sondas 31 y 32,
- la figura 12 representa la no linealidad obtenida a partir de las señales de la figura 11,
- la figura 13 representa dos posiciones angulares del imán en presencia de un campo magnético exterior,
- la figura 14 representa una vista de la invención y una bobina excitadora que crea un campo magnético exterior,
- la figura 15 representa las dos componentes normales y tangenciales de las sondas 31 y 32 bajo el efecto de un campo exterior tal como se define en la figura 14,
- la figura 16 representa la no linealidad de la señal medida por la sonda 31 en un imán de manguito circular isótropo imantado "diametralmente" bajo el efecto del campo exterior,
- la figura 17 representa la no linealidad de la señal medida por la sonda 32 en un imán de manguito circular isótropo imantado "diametralmente" bajo el efecto del campo exterior,
- la figura 18 representa la no linealidad de la señal obtenida mediante combinación de dos en dos de las componentes normales y tangenciales medidas por las sondas 31 y 32,
- la figura 19 representa una vista general de la presente invención aplicada a un sensor lineal con las dos sondas bidireccionales 31 y 32,

- la figura 20 representa una vista de lado de la presente invención con las dos sondas bidireccionales 31 y 32,
- la figura 21 representa una vista de lado de la presente invención con las dos sondas bidireccionales 31 y 32 en presencia de campos exteriores,
- 5 • la figura 22 representa una vista general de la presente invención aplicada a un sensor rotativo de pequeño ángulo con las dos sondas bidireccionales 31 y 32,
- la figura 23 muestra las dos componentes normales y tangenciales de las sondas 31 y 32 desviadas espacialmente en 1/4 de periodo,
- la figura 24 muestra las dos señales sinusoidales que resultan de la combinación de dos en dos de las cuatro señales anteriores y la señal de salida obtenida al final,
- 10 • la figura 25 representa una vista general de la presente invención con las 2 sondas bidireccionales 31a y 32a asociadas a otras 2 sondas bidireccionales 31b y 32b,
- la figura 26 representa una no linealidad de la señal simulada de la presente invención y su posible mejora gracias a la optimización propuesta con la ayuda de otras 2 sondas bidireccionales 31b y 32b.

15 Las figuras 1 y 2 representan una solución de la técnica anterior sensible al campo exterior. En la figura, tenemos un imán permanente de maguito imantado sustancialmente de manera diametral (1); este imán genera en cualquier punto del espacio un campo magnético cuyas componentes normales se miden por dos elementos magnetosensibles 21 y 22 espacialmente desviados en 90° cuyas señales se tratan a continuación para decodificar el ángulo así como para normalizar las dos componentes con el fin de sacar una señal eléctrica proporcional a la posición angular del imán.

20 En las figuras 3 y 4 se muestra otra solución de la técnica anterior sensible al campo exterior y al defecto de imantación diametral. Esta solución consiste en un imán permanente de manguito imantado sustancialmente de manera diametral (1), este imán genera un cualquier punto del espacio un campo magnético cuyas componentes normal o axial y tangencial se miden por dos elementos magnetosensibles situados en un mismo punto cuyas señales se tratan a continuación mediante un elemento de tratamiento que realiza la decodificación así como la normalización de las dos componentes con el fin de sacar una señal eléctrica proporcional a la posición angular del imán.

25 La figura 5 muestra las líneas de campo, durante la imantación, en el interior y en el exterior de un imán de manguito con una permeabilidad relativa igual a 1,2. Las líneas de campo experimentan una deformación durante la travesía del imán, deformación debida a la diferencia de permeabilidad relativa entre el aire ($\mu_r=1$) y el imán ($\mu_r=1,2$ en el caso presente). Por lo tanto, esta desviación de las líneas de campo se traduce en una mala imantación diametral del imán.

30 La figura 6 muestra las componentes normal y tangencial no perfectamente sinusoidales debidas a la mala imantación diametral y la no linealidad obtenida a partir de estas señales.

35 Las figuras 7 y 8 muestran unas vistas de la presente invención. Esta solución consiste en un imán permanente de manguito imantado sustancialmente de manera diametral (1), este imán genera en cualquier punto del espacio un campo magnético cuyas componentes normales o axiales y tangenciales se miden por cuatro elementos magnetosensibles. Dos elementos magnetosensibles están situados en un solo punto y ventajosamente integrado en una misma carcasa (31) y los otros dos elementos magnetosensibles están situados en un mismo punto ventajosamente integrado en una misma carcasa (32) que está espacialmente desviada en 90° de la carcasa (31).
 40 Las cuatro señales se combinan a continuación de dos en dos para anular el efecto de un campo exterior y los errores debidos a una imantación diametral con el fin de sacar una señal eléctrica perfectamente proporcional a la posición angular del imán. El circuito de tratamiento de la señal puede estar integrado en una de las carcasas (31) o (32), o en las dos por una cuestión de redundancia, o bien puede estar realizado en el exterior de las carcasas (31) y (32).

45 Las figuras 9 y 10 muestran la medida de dos componentes normal y tangencial generadas en un solo punto por un imán diametral y el error obtenido utilizando únicamente una sola sonda (31).

50 La figura 11 muestra la combinación de dos en dos de las cuatro señales medidas por los 4 elementos magnetosensibles integrados en las carcasas (31) y (32). Se obtienen dos señales perfectamente sinusoidales y de misma amplitud sumando la componente normal medida por (31) y la componente tangencial medida por (32) y restando la componente normal medida por (32) a la componente tangencial medida por (31).

55 La figura 12 muestra el ángulo de salida decodificado a partir de las dos señales sinusoidales de la figura 11 y la no linealidad obtenida de esta manera. De esta manera, el error obtenido combinando 4 componentes permite eliminar los errores debidos a la imantación diametral.

60 Las figuras 13 y 14 muestran la presente invención con la presencia de un campo magnético exterior. La figura 13 presenta dos posiciones diferentes del imán (1) bajo el efecto de un campo exterior homogéneo Bext. El campo exterior es en este caso horizontal y perturba la componente tangencial de la sonda (31) y la componente normal de
 65

la sonda (32). La figura 14 es una vista de la presente invención con una bobina (4) que genera un campo magnético perturbador. La fuente de generación del campo exterior podría muy bien ser un imán en lugar de la bobina.

5 La figura 15 muestra una medida de las dos componentes normales y de las dos componentes tangenciales medidas por los elementos magnetosensibles de las sondas (31) y (32) en presencia de un campo exterior como se presenta en las dos figuras anteriores. De esta manera, puede constatarse que la componente normal de la sonda (32) y la componente tangencial de la sonda (31) están efectivamente afectadas.

10 Las figuras 16 y 17 muestran respectivamente la señal de salida de las carcacas (31) y (32), así como la no linealidad de estas dos señales bajo el efecto del campo exterior definido en las figuras anteriores. De esta manera, se aprecia que la señal de salida de la carcaca (31) no es del todo lineal por causa del campo exterior que modifica su componente tangencial y que la señal de salida de la carcaca (32) es igualmente no lineal por el hecho de la modificación de su componente normal debida al campo exterior generado por la bobina.

15 La figura 18 muestra el resultado obtenido mediante la presente invención. Presenta las dos señales obtenidas después de combinación de las 4 señales medidas por (31) y (32) ($B_{n1}+B_{t2}$, $B_{t1}-B_{n2}$), la señal de salida después del cálculo del arco tangente de $(B_{n1}+B_{t2})/(B_{t1}-B_{n2})$ y la no linealidad de esta señal. De esta manera, la presente invención permite a pesar de la presencia de un campo exterior tener un sensor que todavía es lineal contrariamente a las soluciones de la técnica anterior.

20 Las figuras 19 y 20 muestran dos vistas de la presente invención aplicada a un sensor lineal. Estas figuras representan un imán (1) de longitud L que tiene una imantación, representada por el vector M, cuya dirección varía linealmente siguiendo la longitud del imán en un plano definido por la dirección de desplazamiento X y una normal a esta dirección. Las dos sondas (31) y (32) miden cada una la componente normal y la componente tangencial del campo magnético generado por el imán (1). Las dos sondas están espacialmente espaciadas en unos cuantos milímetros.

25 La figura 21 retoma la vista de la figura 20 con la presencia de un campo magnético exterior $B_{n_ext} + B_{t_ext}$ que se añade a la medida del campo magnético generado por el imán. La presente invención realizando la resta de las dos componentes normales de (31) y (32) ($B_{n1}-B_{n2}$) y la resta de las componentes tangenciales de (31) y (32) ($B_{t1}-B_{t2}$) permite anular esta perturbación exterior y tratar solo unas señales que provienen del campo magnético generado por el imán (1).

30 La figura 22 muestra una vista de la presente invención aplicada a un sensor rotativo de pequeño ángulo con la presencia de un campo magnético exterior B_{ext} que se añade a la medida del campo magnético generado por el imán. La presente invención realizando la resta de las dos componentes normales de (31) y (32) ($B_{n1}-B_{n2}$) y la resta de las dos componentes tangenciales de (31) y (32) ($B_{t1}-B_{t2}$) permite anular esta perturbación exterior y tratar solo unas señales que provienen del campo magnético generado por el imán (1).

35 La figura 23 muestra las dos componentes normales y las dos componentes tangenciales medidas por los elementos magnetosensibles de las sondas (31) y (32). En este caso, las sondas (31) y (32) están espacialmente desviadas en un cuarto de periodo.

40 La figura 24 muestra el resultado obtenido mediante la presente invención. Presenta las dos señales obtenidas después de combinación de las 4 señales medidas por (31) y (32) y normalización de estas señales ($B_{n1}-B_{n2}$, $Ganancia*(B_{t1}-B_{t2})$) y presenta la señal de salida después del cálculo del arco tangente de $(B_{n1}-B_{n2})/(Ganancia*(B_{t1}-B_{t2}))$.

45 La figura 25 representa un modo de realización optimizado de la presente invención para obtener un sensor de muy alta precisión.

50 Esta solución consiste en un imán permanente de manguito imantado sustancialmente de manera diametral 1, este imán 1 genera en cualquier punto del espacio un campo magnético cuyas componentes normales o axiales y tangenciales se miden por ocho elementos magnetosensibles. Dos elementos magnetosensibles están situados en un solo punto y ventajosamente integrado en una misma carcaca 31a y los otros dos elementos magnetosensibles están situados en un mismo punto ventajosamente integrado en una misma carcaca 32a que está espacialmente desviada en 90° de la carcaca 31a. Otros dos elementos magnetosensibles están situados en un solo punto y ventajosamente integrado en una misma carcaca 31b y los otros dos elementos magnetosensibles están situados en un mismo punto ventajosamente integrado en una misma carcaca 32b, las dos carcacas 31b y 32b espacialmente desviadas entre sí en 90° están espacialmente desviadas ambas dos en 45° de las primeras carcacas en cuadratura 31a y 32a. Las 8 señales se suman a continuación de 2 en 2 para anular uno de los errores debidos a una imantación diametral. Las 4 señales que resultan se combinan a continuación de 2 en 2 para anular el efecto de un campo exterior y los errores debidos a una imantación diametral con el fin de sacar una señal eléctrica perfectamente proporcional a la posición angular del imán. El circuito de tratamiento de la señal puede estar integrado en una de las carcacas, o en las cuatro por una cuestión de redundancia, o bien puede estar realizado en el exterior de las carcacas.

La figura 26 representa comparativamente la mejora posible del error de linealidad (en porcentaje de 360° en función del recorrido en grado) obtenida por la agregación de 4 elementos magnetosensibles (carcasas 31b y 32b) acertadamente posicionados para corregir el error de imantación relacionado con la geometría del imán 1.

- 5 De esta figura se desprende que la señal A que resulta de los modos de realización anteriores puede no ser totalmente lineal según las condiciones de imantación, las dimensiones del imán y su naturaleza, por la introducción principalmente de un armónico 3 no completamente compensado (conmutado en H4 por la función arco tangente). En cambio, la señal B que resulta del modo de realización representado por la figura 25 permite mejorar, incluso anular, estos defectos de linealidad.

10

REIVINDICACIONES

1. Sensor de posición magnético angular o lineal que incluye un elemento móvil constituido por al menos un imán (1) que presenta una dirección de imantación que varía linealmente siguiendo la dirección de desplazamiento del imán en una superficie definida por dicha dirección de desplazamiento y una dirección normal, al menos cuatro elementos magnetosensibles (2, 3 y 4, 5) y al menos un circuito de tratamiento (6) que suministra una señal función de la posición absoluta del elemento móvil en el que:

- un primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3) está compuesto de un par de elementos magnetosensibles (2, 3) localizados en el mismo punto,
- estando el primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3) espacialmente desviado de un segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5), igualmente compuesto de un par de elementos magnetosensibles (4, 5) localizados en el mismo punto, siguiendo la dirección de desplazamiento del imán;
- y por que un elemento magnetosensible (3, 5) del primer y del segundo juego de elementos magnetosensibles es adecuado para medir la componente tangencial del campo magnético y un elemento magnetosensible (2, 4) del primer y del segundo juego de elementos magnetosensibles es adecuado para medir la componente normal del campo magnético

caracterizado por que:

- el circuito de tratamiento (6) es adecuado para realizar al menos dos combinaciones algebraicas, comprendiendo cada combinación algebraica una componente del primer juego de elementos magnetosensibles y una componente del segundo juego de elementos magnetosensibles, para definir dos señales sinusoidales sustancialmente defasadas eléctricamente en 90°.

2. Sensor de posición magnético según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el circuito de tratamiento de la señal (6) es adecuado para realizar una amplificación, una suma o una resta de las componentes del campo magnético generado por el imán (1).

3. Sensor de posición angular según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3) y el segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5) están desviados espacialmente en un cuarto de periodo siguiendo el eje de rotación y **por que** el circuito de tratamiento de la señal (6) es adecuado para combinar las señales (B2, B3, B4, B5) procedentes de los elementos magnetosensibles (2, 3, 4, 5) de la siguiente forma:

$$\text{Atan}((B2+B5)/(B3-B4))$$

donde:

- B2 corresponde a la componente normal medida por un elemento magnetosensible (2) que pertenece al primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3);
- B3 corresponde a la componente tangencial medida por un elemento (3) que pertenece al primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3);
- B4 corresponde a la componente normal medida por un elemento magnetosensible (4) que pertenece al segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5);
- B5 corresponde a la componente tangencial medida por un elemento (5) que pertenece al segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5).

4. Sensor de posición lineal según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3) y el segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5) están desviados espacialmente en más de un decimosexto de periodo y en menos de un 15/16° de periodo siguiendo el eje de traslación de la parte móvil y **por que** el circuito de tratamiento de la señal (6) es adecuado para combinar las señales (B2, B3, B4, B5) procedentes de los elementos magnetosensibles (2, 3, 4, 5) de la siguiente forma:

$$\text{Atan}((B2-B4)/\text{Ganancia}*(B3-B5))$$

donde:

- B2 corresponde a la componente normal medida por un elemento magnetosensible (2) que pertenece al primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3);
- B3 corresponde a la componente tangencial medida por un elemento (3) que pertenece al primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3);
- B4 corresponde a la componente normal medida por un elemento magnetosensible (4) que pertenece al segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5);
- B5 corresponde a la componente tangencial medida por un elemento (5) que pertenece al segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5);

- Ganancia corresponde a una normalización de las señales (B2-B4) y (B3-B5) ajustando la amplitud de la señal (B3-B5) con el fin de obtener dos señales (B2-B4) y (B3-B5) defasadas en 90° de misma amplitud.

- 5 5. Sensor de posición magnético según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer juego de elementos magnetosensibles (2, 3) está integrado en una sola y misma carcasa (31) y **por que** el segundo juego de elementos magnetosensibles (4, 5) está integrado en una sola carcasa (32).
- 10 6. Sensor de posición magnético según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el imán permanente (1) es un cilindro hueco, con forma de teja o un imán plano.
7. Sensor de posición magnético según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los elementos magnetosensibles están localizados sustancialmente en el plano mediano del imán, siendo este plano mediano perpendicular al eje de rotación del imán (1).
- 15 8. Sensor de posición magnético según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el imán permanente (1) está pegado sobre un árbol que gira o que se traslada cuya posición hay que medir.
9. Sensor de posición magnético según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el imán permanente (1) está pegado sobre una culata ferromagnética.
- 20 10. Sensor de posición angular según las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el imán presenta una imantación gradual sinusoidal a lo largo del imán.
- 25 11. Sensor de posición angular según una de las reivindicaciones anteriores que incluye:
- un tercer juego y un cuarto juego de elementos magnetosensibles espacialmente desviados del juego primero y del juego segundo de elementos magnetosensibles,
 - estando el juego tercero y el juego cuarto de elementos magnetosensibles compuestos cada uno de un par de elementos magnetosensibles localizados en el mismo punto,
 - 30 - siendo un elemento magnetosensible del tercer juego y del cuarto juego de elementos magnetosensibles adecuado para medir la componente tangencial del campo magnético y siendo un elemento magnetosensible del tercer juego y del cuarto juego de elementos magnetosensibles adecuado para medir la componente normal del campo magnético,
 - siendo el circuito de tratamiento adecuado, antes de realizar las combinaciones algebraicas, para sumar respectivamente las componentes normales del primer juego y del tercer juego de elementos magnetosensibles y las componentes tangenciales del primer juego y del tercer juego de elementos magnetosensibles, así como para sumar respectivamente las componentes normales del segundo juego y del cuarto juego de elementos magnetosensibles y las componentes tangenciales del segundo juego y del cuarto juego de elementos magnetosensibles.
- 40

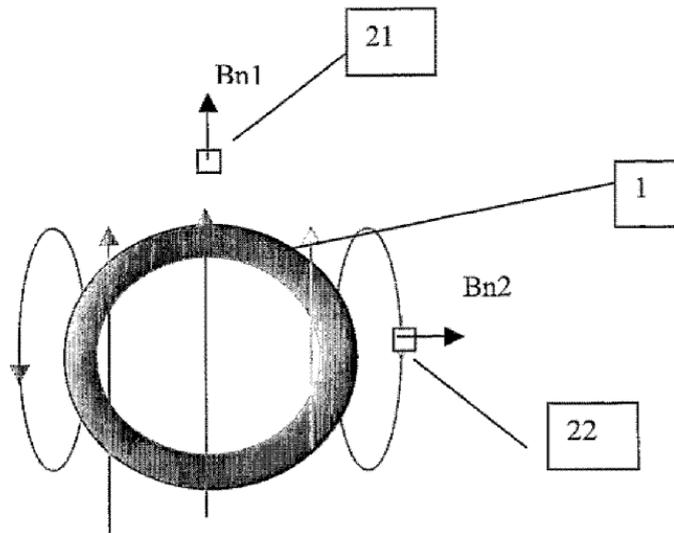
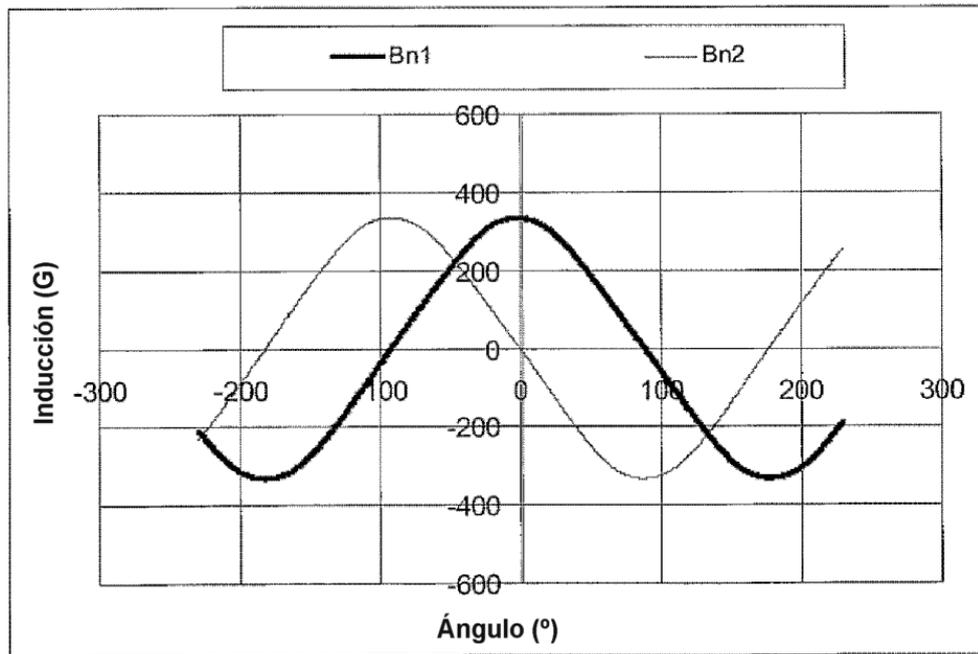


Figura 1



$$\text{Ángulo} = \text{Atan} (\text{Bn1}/\text{Bn2})$$

Figura 2

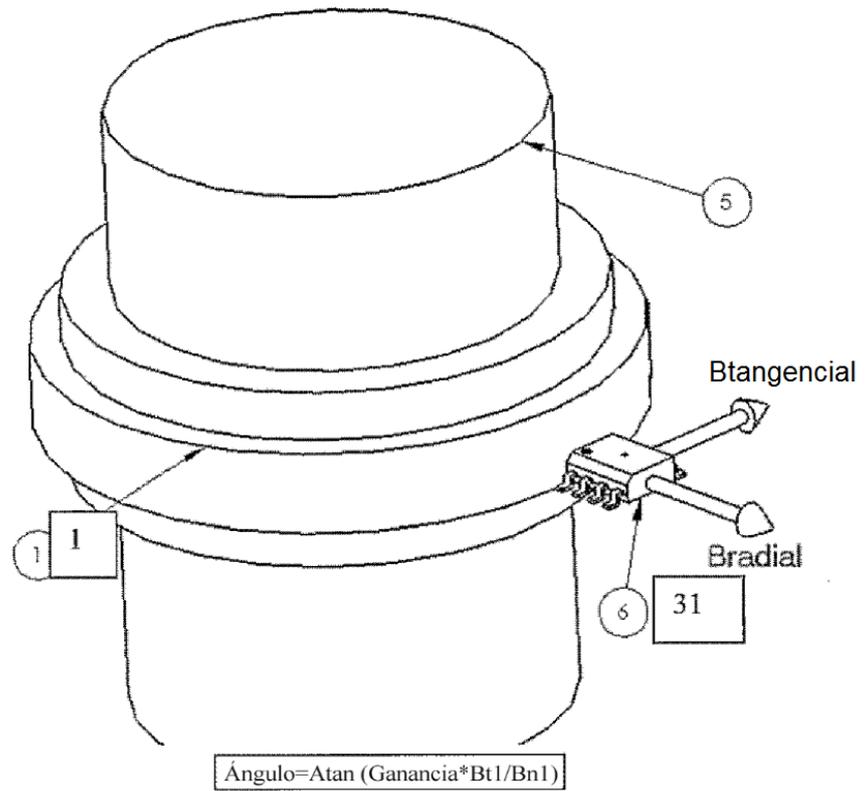


Figura 3

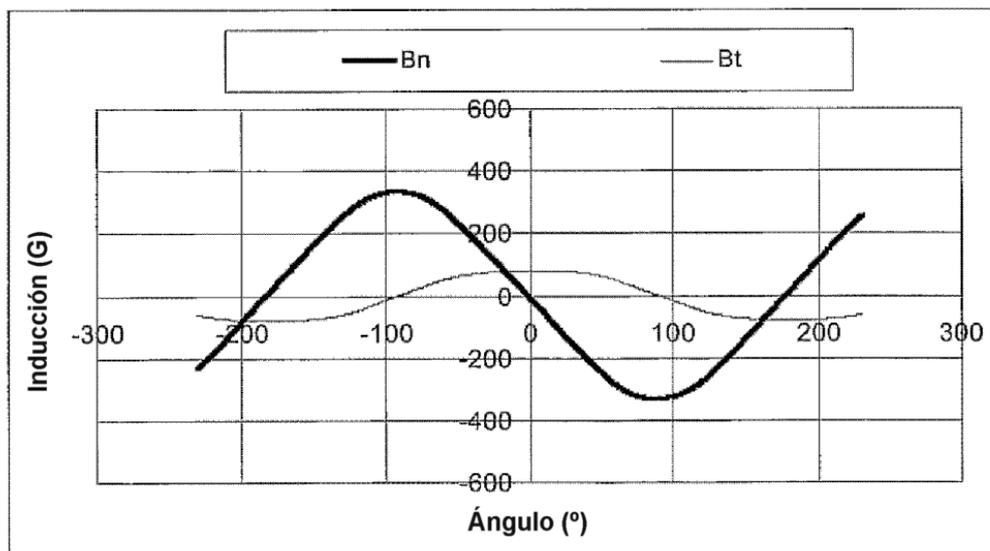


Figura 4

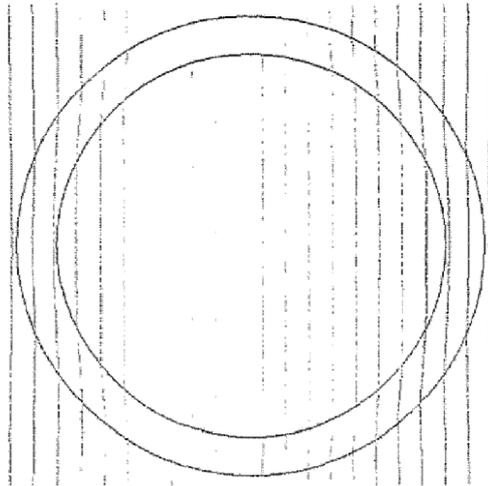


Figura 5

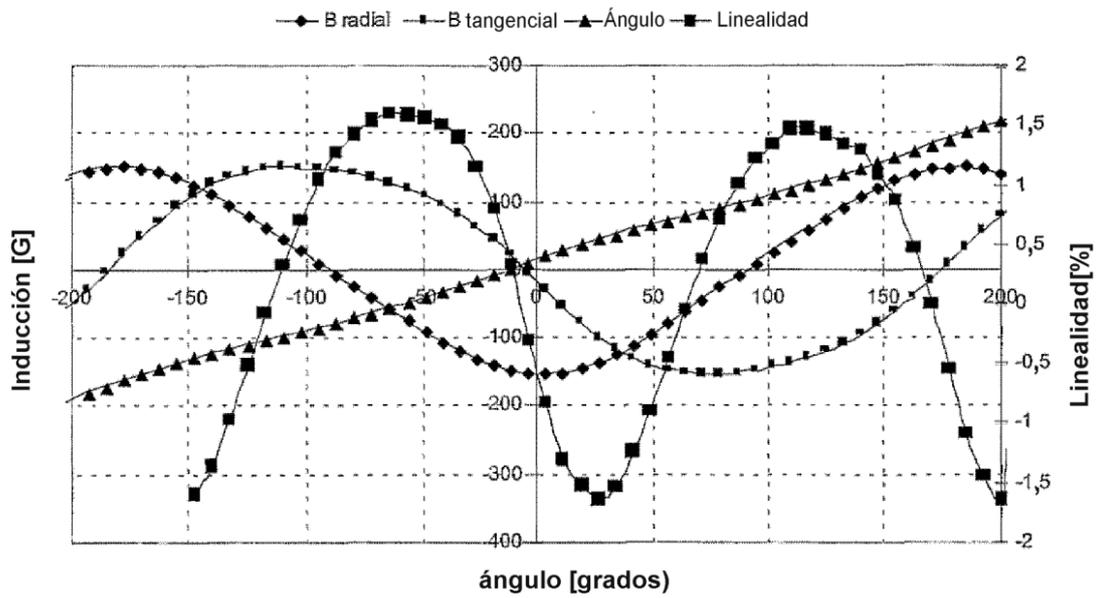


Figura 6

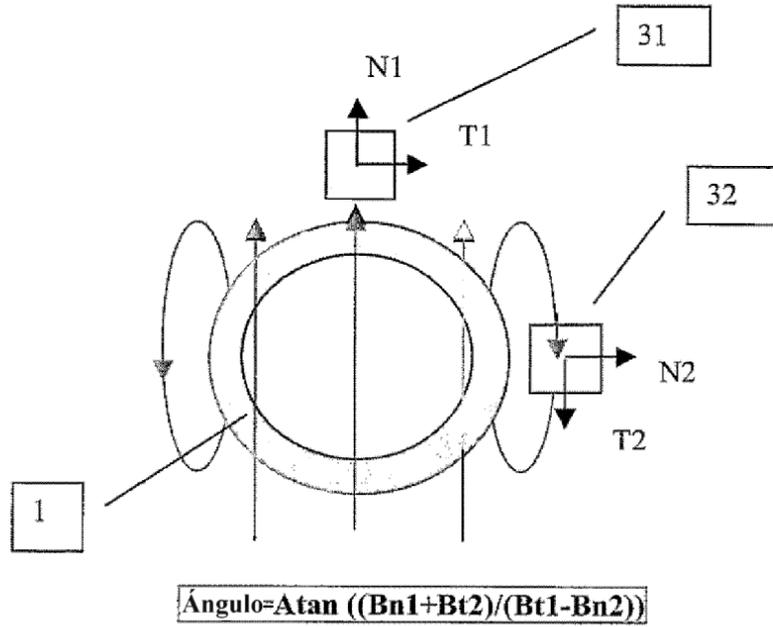


Figura 7

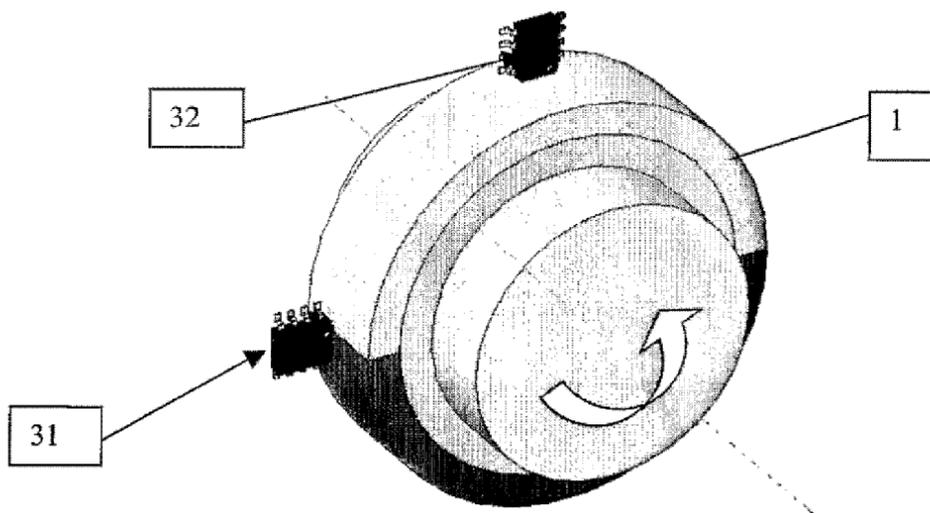


Figura 8

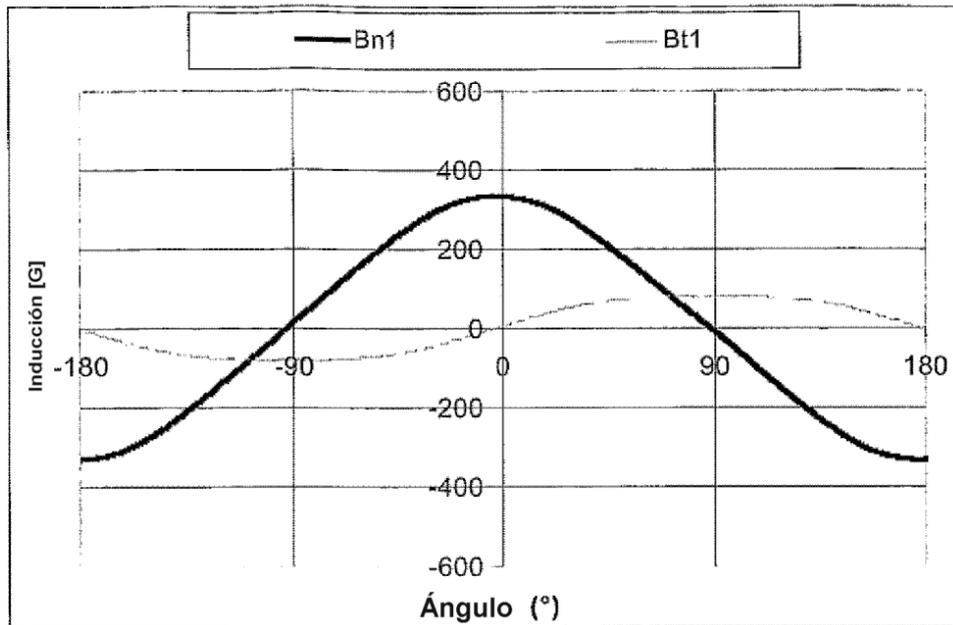


Figura 9

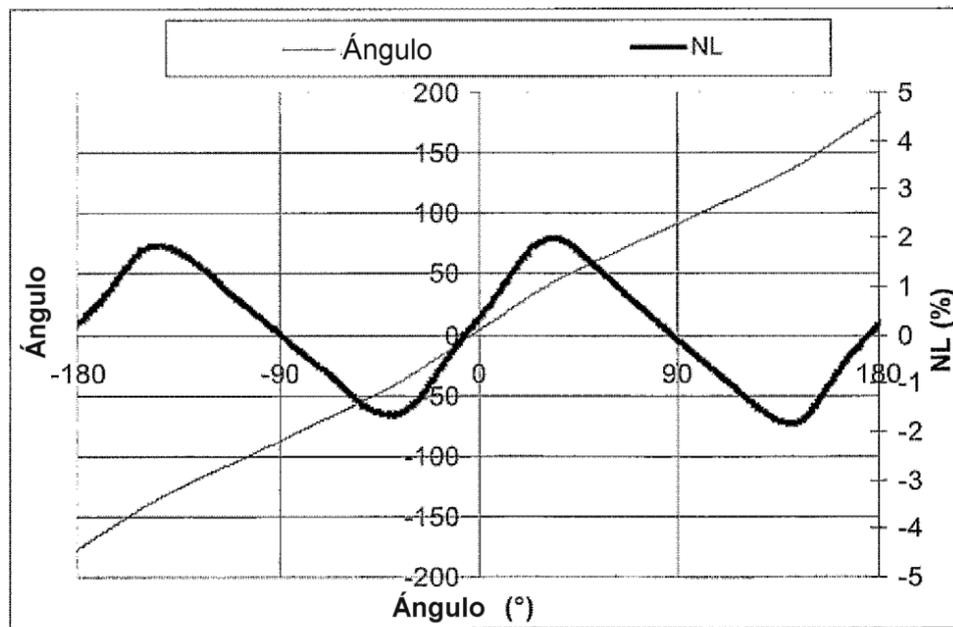


Figura 10

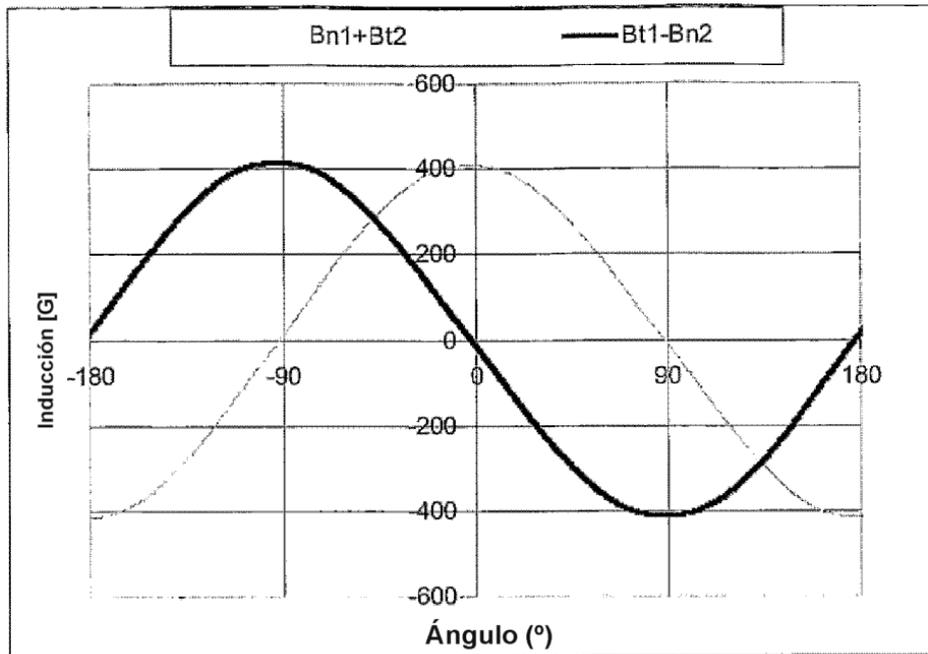


Figura 11

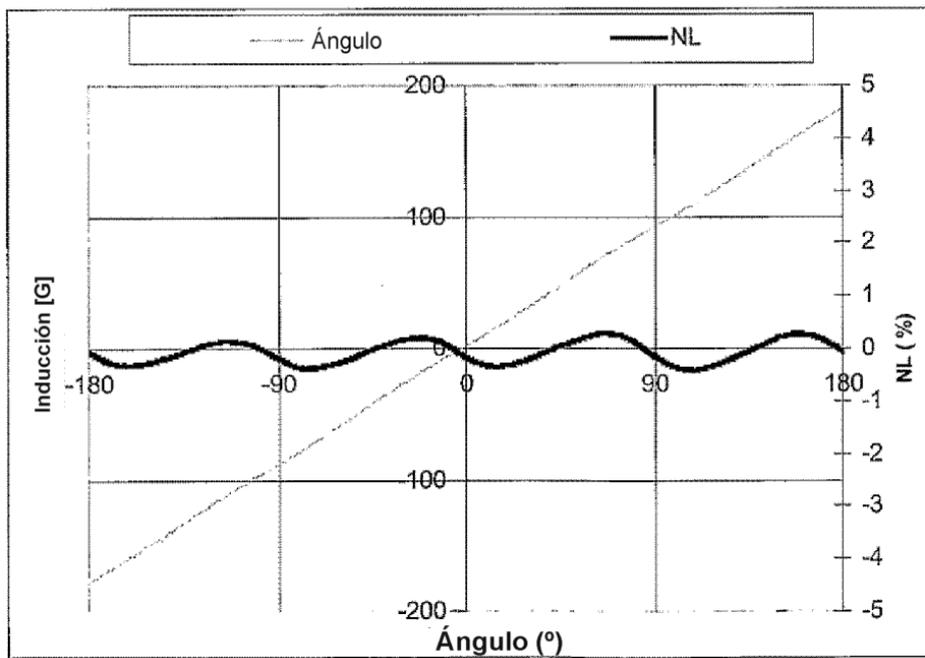


Figura 12

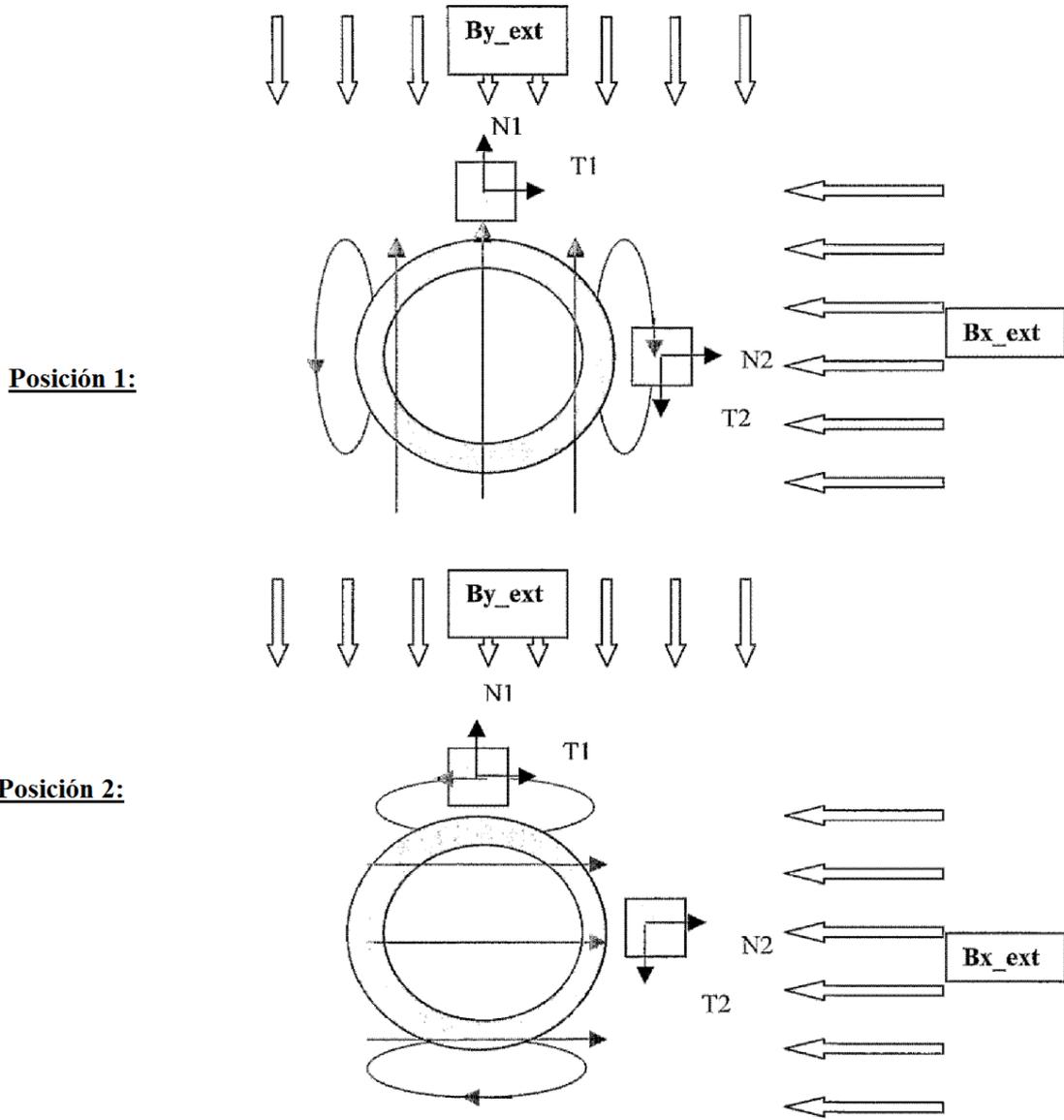


Figura 13

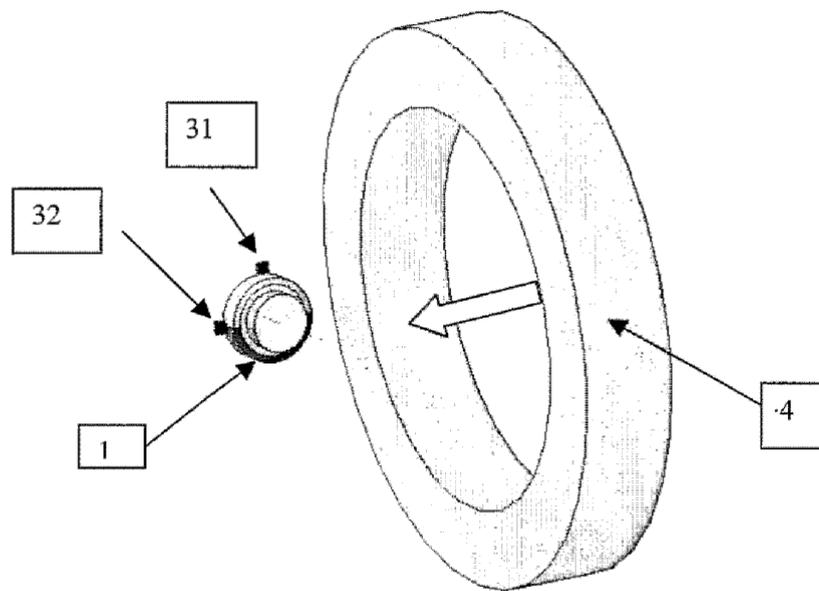


Figura 14

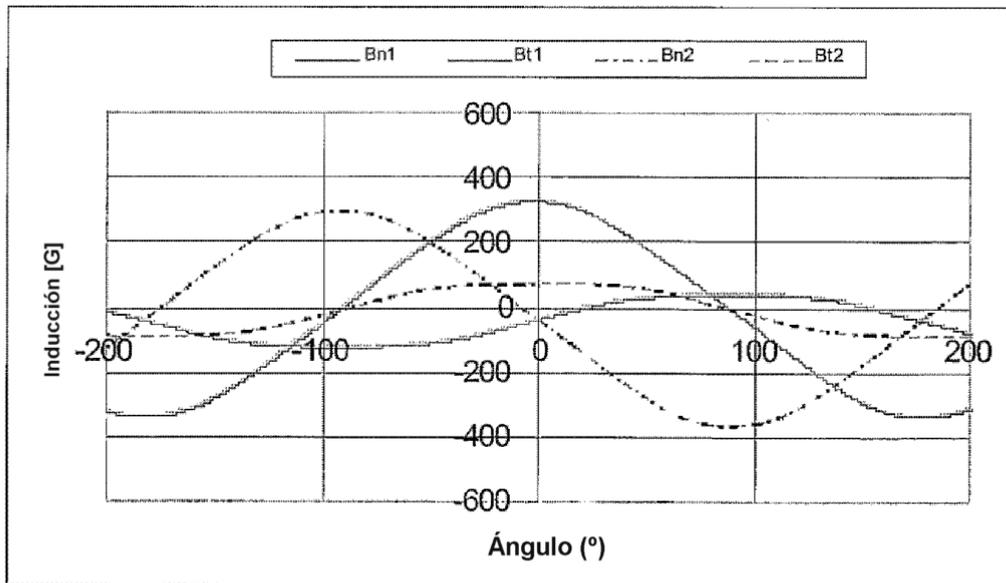


Figura 15

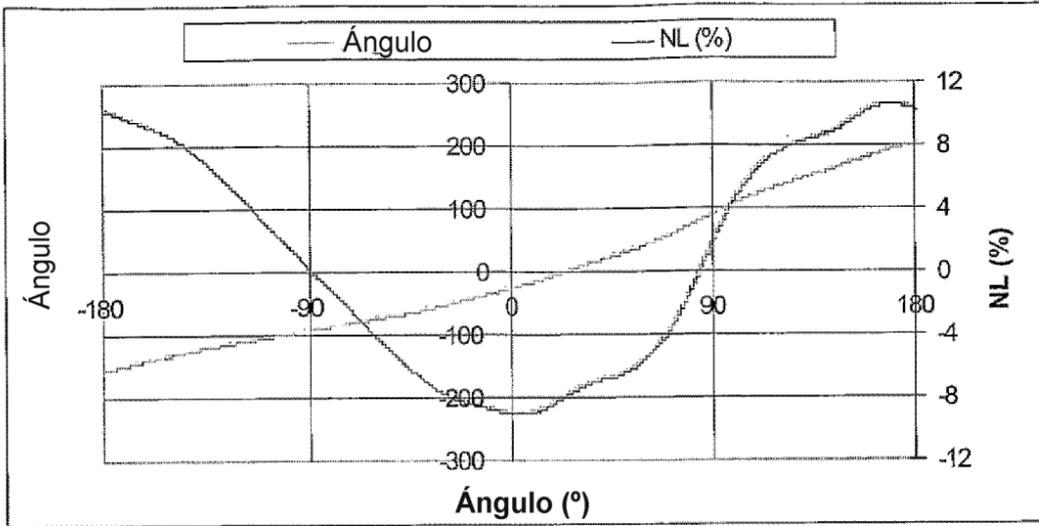


Figura 16

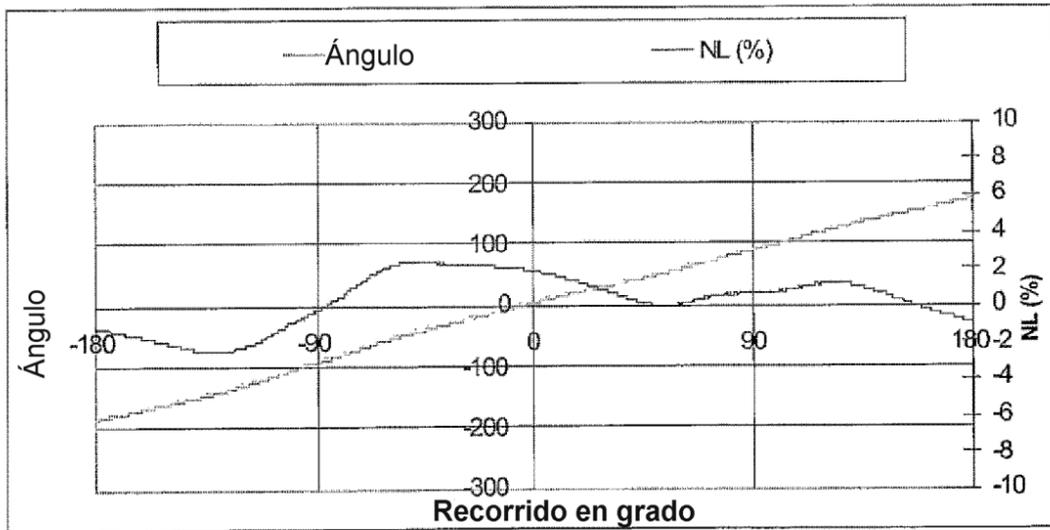


Figura 17

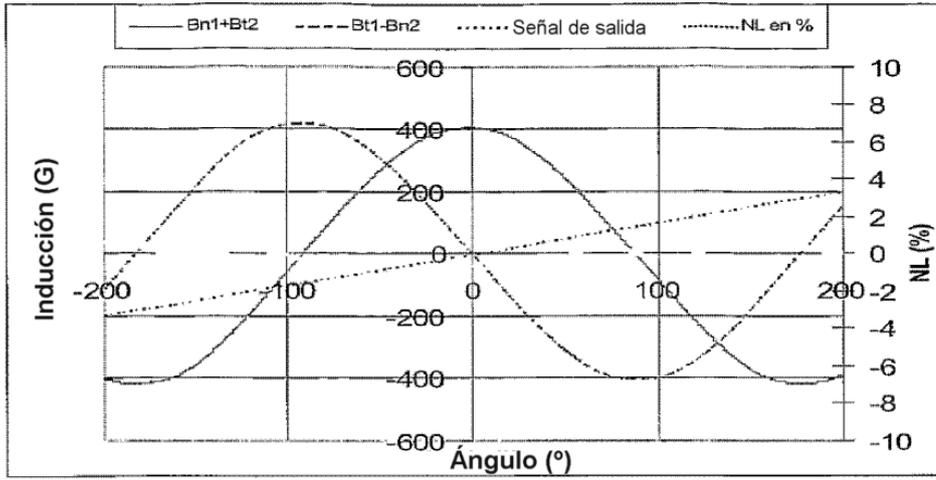


Figura 18

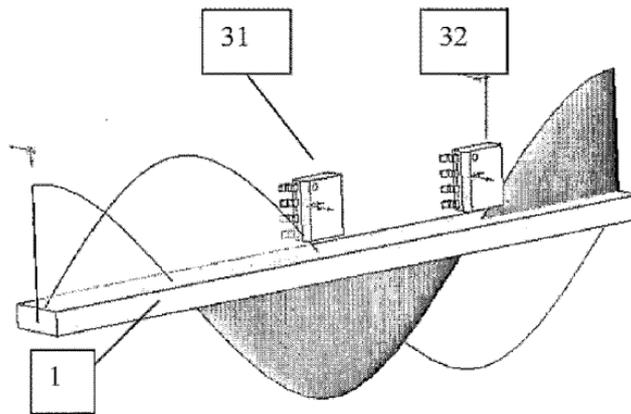


Figura 19

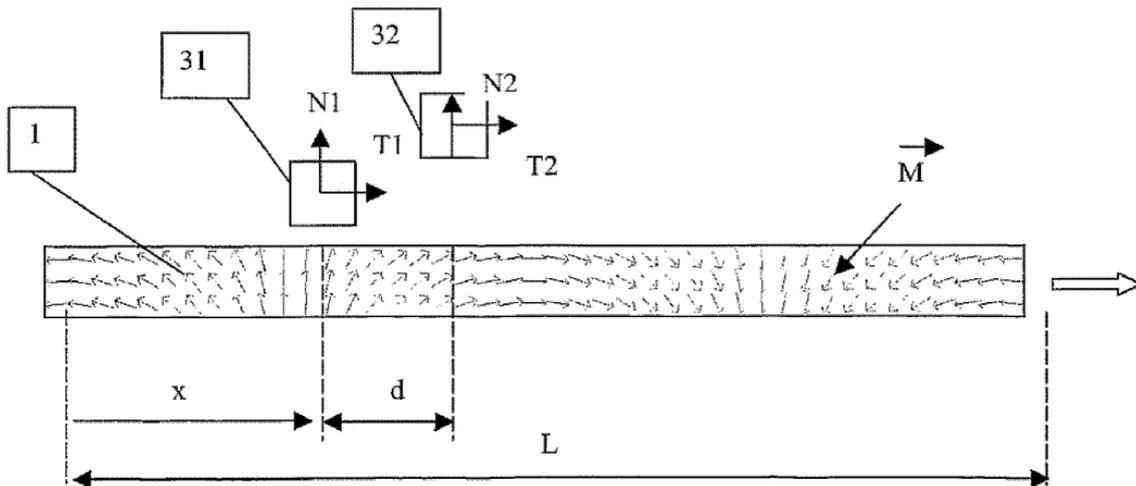
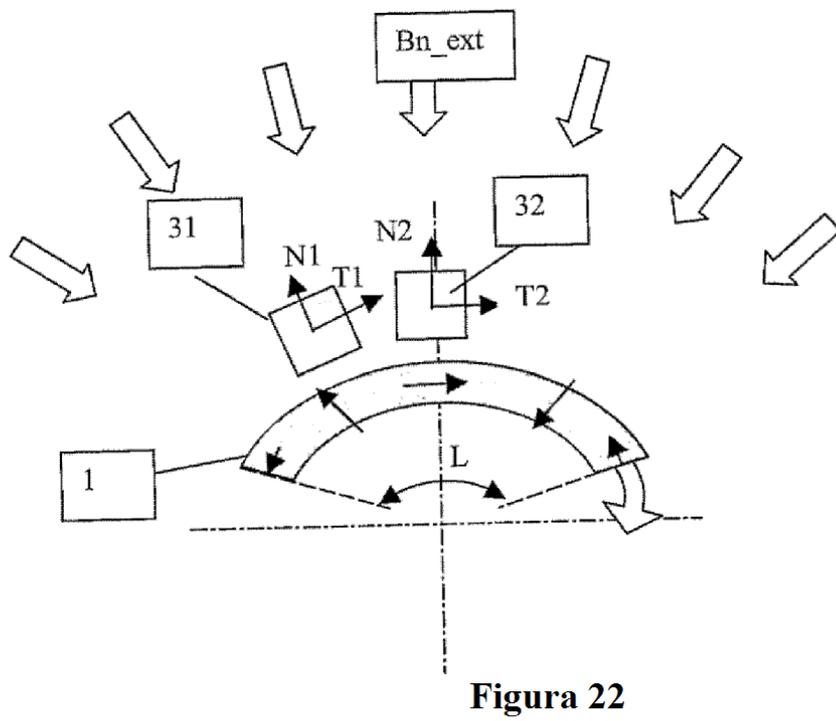
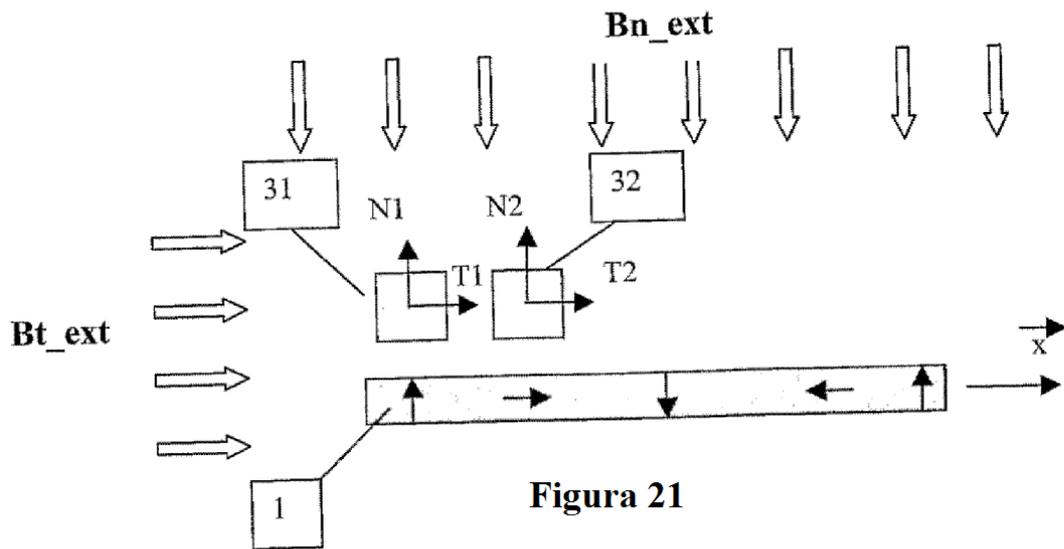


Figura 20



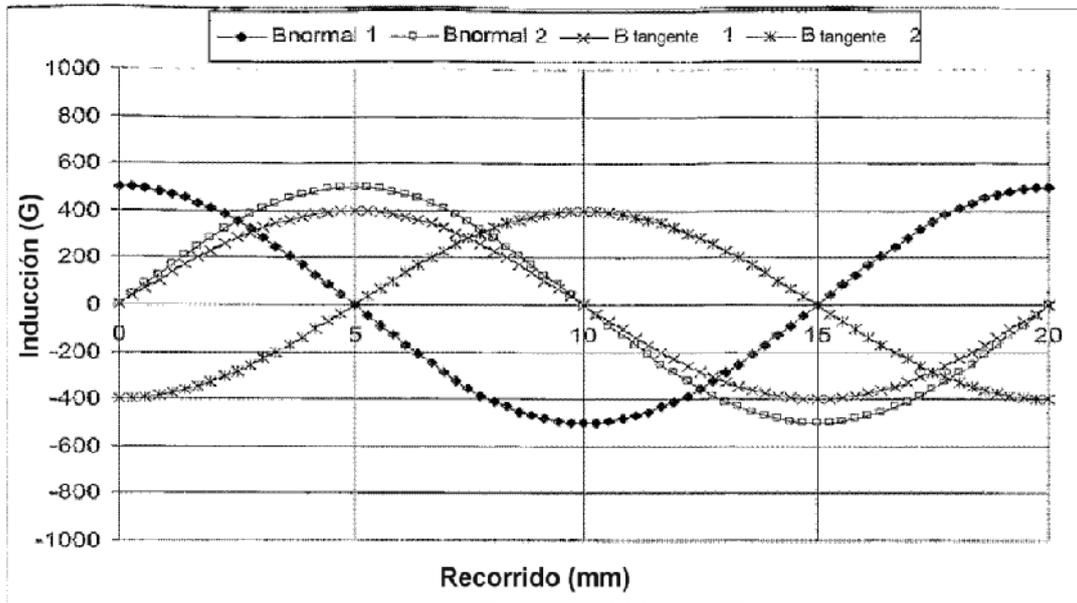


Figura 23

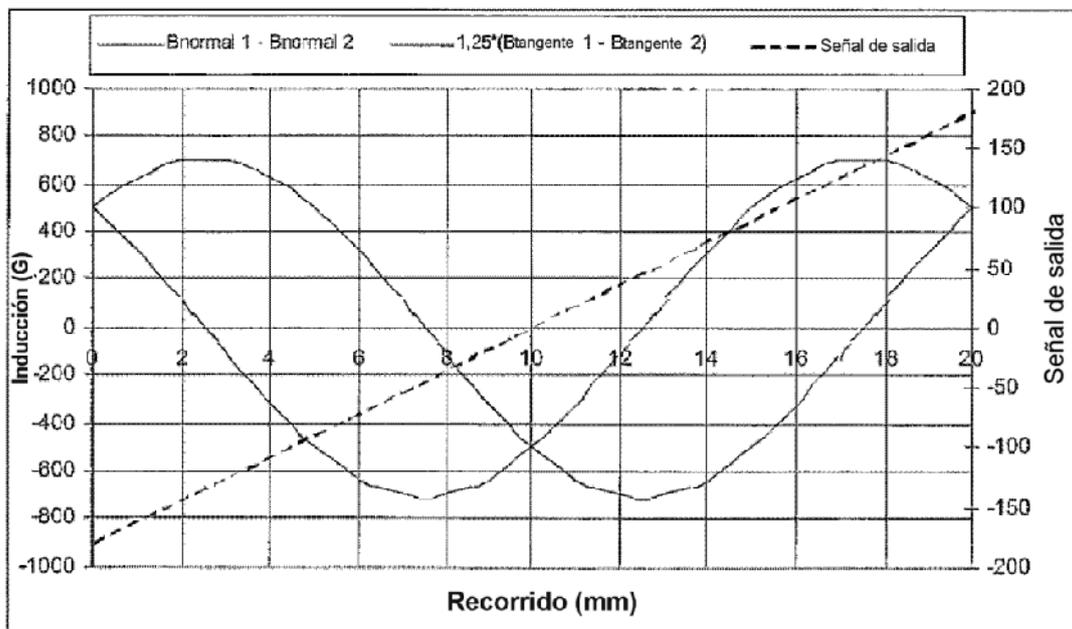
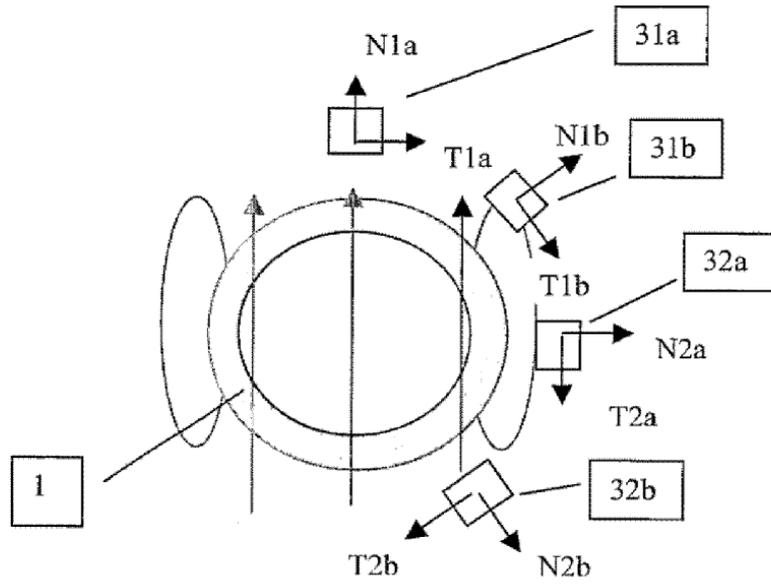


Figura 24



$$\text{Angulo} = \text{Atan} \left(\frac{((Bn1a+Bn1b)+(Bt2a+Bt2b))}{((Bt1a+Bt1b)-(Bn2a+Bn2b))} \right)$$

Figura 25

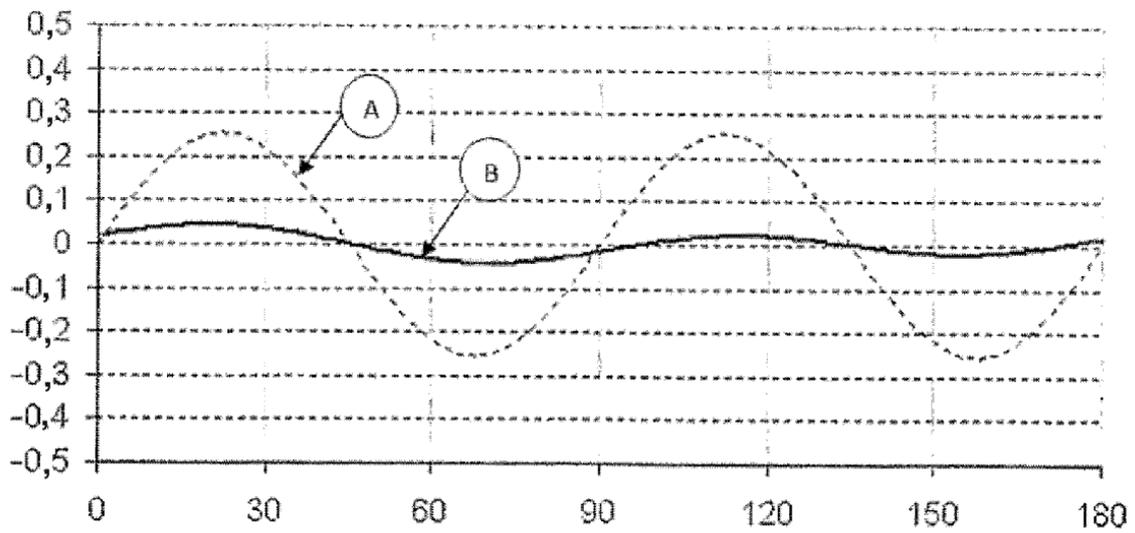


Figura 26