

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 926**

51 Int. Cl.:
G01L 25/00 (2006.01)
G01L 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05821877 .7**
96 Fecha de presentación: **30.12.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1848975**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.10.2007**

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA PARA LA COMPENSACIÓN ADAPTATIVA DE LA DERIVA TÉRMICA DE UN SENSOR.**

30 Prioridad:
30.12.2004 SE 0403229

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.02.2012

73 Titular/es:
ABB AB
KOPPARBERG SVÄGEN 2
721 83 VÄSTERAS, SE

72 Inventor/es:
WALLIN, Christer

74 Agente: **No consta**

ES 2 374 926 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

Método y sistema para la compensación adaptativa de la deriva térmica de un sensor

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método y a un sistema para la compensación adaptativa de la deriva térmica de un sensor en un equipo mecánico, y preferiblemente para un sensor de par de torsión diseñado para un árbol accionado por un motor en un proceso, una línea de producción o un vehículo.

Más específicamente, la invención se refiere a un sistema de compensación para minimizar las variaciones de desviación en un sensor de par de torsión en tren de potencia de automóvil.

Antecedentes de la Invención

10 Debido a los niveles cada vez mayores de contaminación por tráfico provocada por las emisiones de gases escape de los vehículos, a las nuevas legislaciones gubernamentales que establecen límites de emisión de gases escape más bajos, a las demandas de los clientes de un menor consumo de combustible y al aumento de la suavidad de la transmisión, hay una necesidad urgente de mejorar la eficacia de los motores y las transmisiones. Además en el campo de los deportes de motor, la competencia es muy alta y es de suma importancia aplicar la mejor tecnología para los motores y
15 los trenes de transmisión de los coches de carreras.

Los sistemas de control electrónicos para motores de combustión incluyen varios sensores y sistemas para determinar diversas condiciones operativas del motor. Muchos de estos sensores funcionan en entornos adversos y están sometidos a condiciones operativas que varían ampliamente y los requisitos en un sensor son muy exigentes en cuanto a la durabilidad, estabilidad a largo plazo y la capacidad para funcionar a lo largo de un gran intervalo de temperatura. Los
20 intervalos de temperatura típicos que se encuentran en aplicaciones de automoción oscilan desde -40°C hasta +150°C. En este intervalo de temperatura se requiere que el sensor produzca una señal de salida fiable a lo largo de toda su vida.

Una solución al problema de la estabilidad a la temperatura es diseñar un sensor que sea lo suficientemente estable en todo el intervalo de temperatura y a lo largo de toda la vida útil del sensor. El problema de un sensor de este tipo es que
25 o bien es demasiado costoso de producir para fines de automoción o bien es demasiado voluminoso para integrarse en el tren de potencia.

Otra solución es añadir una etapa de calibración en temperatura en la producción, en la que se compensan las características de temperatura del sensor mediante ajustes del sensor o en la electrónica. Puesto que esta operación ha de realizarse en cada sensor individual en la producción esto añade un coste adicional al componente.

30 Una complicación adicional es que un sensor de par de torsión para aplicaciones de automoción se diseña habitualmente por motivos prácticos mediante dos partes independientes, siendo una parte el árbol de soporte de carga y siendo la otra parte una culata circundante, combinándose las partes por primera vez cuando el sensor se monta en la caja de cambios. Ha de realizarse una etapa de calibración en temperatura de la deriva de desviación del sensor en el sensor completo y no puede realizarse en las partes independientes. Un problema adicional de la solución de calibración en
35 temperatura es que no tiene en cuenta los efectos a largo plazo sobre las características de temperatura.

Una manera sencilla de calibrar la desviación del sensor en la aplicación es realizar un reajuste a cero del sensor durante cambios de marchas, cuando el tren de transmisión no está cargado. Una limitación de ese enfoque es que el reajuste a cero sólo es válido a ese nivel de temperatura particular. Cuando la temperatura cambia debe realizarse un nuevo reajuste a cero/calibración para lograr datos de sensor fiables.

40 El documento US 6.658.345 describe cómo pueden compensarse las características de temperatura de un sensor tras la instalación en una aplicación. Un problema de este enfoque es que requiere la introducción de un sensor de temperatura independiente. Se basa además en una llave de contacto para el arranque y la detención y sólo puede actualizar el modelo de sensor en el arranque o la detención del motor.

45 El documento US5412998 da a conocer un método y un dispositivo para la compensación de la deriva térmica de un sensor, diseñados para medir el par de torsión de un árbol que comprende las etapas de medir de forma recurrente la señal del sensor y determinar una temperatura asociada, compensar el valor de la señal medida usando valores de desviación almacenados calculados durante un modo de corrección cuando el árbol no está cargado.

50 El documento EP1283414 presenta un método y un dispositivo para la compensación de la deriva térmica de un sensor. De forma preliminar, se mide la característica de temperatura de la desviación de par de torsión cuando el árbol no está cargado. Combinada con la medición de la temperatura durante el funcionamiento, puede compensarse la medición del par de torsión.

Sumario de la presente invención

El objeto de la presente invención es resolver los problemas indicados anteriormente y proporcionar un método y un sistema, que compensan eficazmente la dependencia respecto a la temperatura del valor de la señal del sensor usando un valor de desviación calculado y mejorando de ese modo el valor de la señal del sensor.

- 5 Un objeto importante adicional de la presente invención es proporcionar tales componentes de automoción a un coste bajo.

Estos y otros objetos se logran según la presente invención mediante un método descrito y caracterizado por la reivindicación 1 y un sistema descrito y caracterizado por la reivindicación 12, y un producto de programa informático descrito y caracterizado por la reivindicación 13.

- 10 La invención usa puntos operativos que se producen de forma natural de la aplicación en los que se conoce el estado de carga del árbol o tren de transmisión y el sensor. Los datos de sensor procedentes de estos puntos operativos se almacenan en una memoria/base de datos y se usan para actualizar un modelo de características de sensor. Tales puntos operativos que están fácilmente disponibles se producen durante el cambio de marchas cuando se desembraga un tren de transmisión y se sabe que el sensor no está cargado o al menos cerca de estar no cargado.

- 15 Se recopilan datos de sensor y datos de temperatura, tras un filtrado adecuado, cuando el árbol o tren de transmisión no está cargado y se usan

como información sobre la desviación del sensor a esa temperatura particular. Cuando se recopilan datos de al menos dos niveles de temperatura, se usa esta información para determinar parámetros en un modelo de sensor que describe la dependencia respecto a la temperatura de la desviación del sensor. El modelo de sensor se usa para calcular de manera continua la desviación del sensor basándose en la señal de temperatura.

- 20 Una señal de temperatura se obtiene preferiblemente a partir de la unidad de suministro/excitación del sensor midiendo los cambios en las propiedades eléctricas del sensor, pero también puede obtenerse a partir de un sensor de temperatura externo o mediante otros medios del sistema de supervisión. Puede obtenerse información acerca de cuándo no está cargado el tren de transmisión o el sensor de diferentes maneras. En el caso de una transmisión automática o transmisión manual automatizada, puede obtenerse una señal a partir del sistema de supervisión cuando el tren de transmisión está desembragado. Para una transmisión manual, puede obtenerse una señal a partir de una posición de conmutación del pedal del embrague y/o la palanca de cambios. También puede obtenerse esta señal monitorizando características específicas de la señal de par de torsión.

- 25 En una realización adicional de la invención, puede lograrse una señal de activación para un tren de transmisión desembragado analizando características de la señal del sensor tales como el cambio repentino en la derivada de la señal del sensor o la amplitud de la información de ondulación del par de torsión, que cambian ambas cuando el sensor de par de torsión está desembragado estructuralmente del tren de transmisión, debido al juego en la transmisión.

- 30 La característica más importante de la invención es usar puntos operativos, al menos dos, cuando el tren de transmisión no está cargado / está desembragado para determinar/actualizar un modelo de la dependencia respecto a la temperatura de la desviación del sensor.

Otra característica importante de la invención es usar las propiedades eléctricas del sensor como medida de la temperatura operativa, lo que elimina la necesidad de un sensor de temperatura externo.

Una característica de la invención importante adicional es analizar las características de la señal del sensor para obtener una señal de activación para un tren de transmisión desembragado.

- 35 La ventaja principal de la invención es que la característica de temperatura del sensor se ve enormemente mejorada sin la necesidad de una etapa de calibración en temperatura costosa o difícil en el proceso de fabricación. Se realiza el esquema de adaptación durante el funcionamiento en la aplicación. Además, se garantiza que se mantenga el rendimiento en cuanto a la temperatura del sensor a lo largo de toda la vida útil del sensor.

- 40 Otros objetos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes a la luz de la siguiente descripción detallada considerada junto con los dibujos adjuntos y definida por cualquiera de las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención, se hará referencia al dibujo adjunto.

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático y proporciona una visión general de la realización preferida de la invención.

- 50 La figura 2 ilustra un procesamiento de señales y un diagrama de bloques según la invención.

La figura 3 es un diagrama de flujo de la invención.

La figura 4 ilustra un cambio de marchas con una desviación de la señal del sensor.

La figura 5 ilustra un cambio de marchas con una desviación corregida de la señal del sensor.

La figura 6 ilustra mediciones de la salida del sensor a carga cero a altas y bajas temperaturas.

La figura 7 ilustra mediciones de la salida del sensor a carga cero en un intervalo de temperatura continuo.

- 5 La figura 8 ilustra mediciones de la salida del sensor a carga cero en un intervalo de temperatura continuo con un modelo de sensor lineal y uno de orden superior.

La figura 9 ilustra una medición con cuatro hilos de la impedancia del circuito primario del sensor.

La figura 10 ilustra la variación en la ondulación del par de torsión con el motor embragado y desembragado.

La figura 11 ilustra la variación del par de torsión alrededor de cero, lo que indica juego en la transmisión.

10 Descripción de realizaciones preferidas de la invención

La realización preferida de la invención consiste, tal como se ilustra en la figura 1, en un sensor 1 de par de torsión que está ubicado en el tren 2 de transmisión de un vehículo. El sensor 1 de par de torsión está conectado eléctricamente a una unidad 3 electrónica que consiste en una unidad 4 de excitación, un convertidor 5 A/D, una unidad 6 de procesamiento o cálculo y una memoria 7.

- 15 El circuito 3 electrónico está conectado a una unidad de control de caja de cambios, no mostrada, que controla/opera un embrague 17 mecánico en el tren 2 de transmisión. Cuando el embrague 17 mecánico está desembragado, se sabe que el estado del tren 2 de transmisión es no cargado. Esto también puede lograrse mediante otros medios que se comentarán más adelante.

- 20 Tal como puede observarse en la figura 2, al sensor 1 se le suministra una señal 4a de excitación desde la unidad 4 de excitación y el sensor 1 produce una señal 1a de salida que se muestrea por el convertidor 5 A/D. La señal 5a digital procedente del convertidor 5 A/D se procesa por la unidad 6 de cálculo para obtener una salida estable frente a la temperatura y lineal indicativa de la carga de torsión del sensor 1 de par de torsión. La unidad 6 de cálculo comprende además una unidad 8 de cálculo de temperatura, una unidad 9 de cálculo de parámetros, una unidad 10 de demodulación, una unidad 11 de compensación de desviación, una unidad 12 de linealización y una unidad 13 de compensación de salida.

- 25 La unidad 10 de demodulación en la figura 2 consiste en el filtrado y la decimación de la señal 5a sincronizada con la señal 4a de excitación. También puede consistir en el filtrado y procesamiento adicionales para mejorar el ruido y la estabilidad de la señal 10a demodulada.

- 30 En la realización preferida, se determina una señal de temperatura basándose en características del circuito primario del sensor 1. La señal de temperatura se usa por la unidad 6 de cálculo para compensar la deriva térmica del sensor 1 basándose en un modelo matemático, por ejemplo almacenado en la memoria 7.

- 35 Cuando se sabe a partir de un sistema 14 de supervisión, por ejemplo una unidad de control de caja de cambios, que el tren 2 de transmisión no está cargado, se recopilan datos/valores de la señal del sensor y datos/valores de la señal de temperatura y se almacenan en la memoria 7. Los datos procedentes de condiciones de carga cero reunidos a varios niveles de temperatura diferentes, al menos dos, forman una base de datos que se usa para actualizar de forma recurrente el modelo de sensor. El estado de carga cero se indica en la figura 1 como una señal 14a de activación procedente del sistema 14 de supervisión.

- 40 La señal de salida de la unidad 6 de cálculo puede transferirse a y usarse por la unidad de control de caja de cambios (no mostrada) para optimizar los cambios de marchas, detectar el desgaste de componentes de la transmisión, etcétera, pero también puede usarse por un sistema de gestión de motor para diagnosticar, controlar y optimizar el motor 16.

- 45 Basándose en los datos monitorizados y recopilados para varios niveles de temperatura diferentes, se calculan parámetros 9a, 9b, 9c que describen la deriva térmica de la desviación del sensor. El procesamiento adicional de la señal del sensor se realiza, entre otras, en una unidad 12 de linealización y una unidad 13 de compensación de salida e incluye una posible compensación de la deriva de ganancia/sensibilidad del sensor 1, filtrado y/o adaptación adicional de los niveles de salida de la señal 13a de salida resultantes. Un punto operativo específico de la aplicación que se usa por la invención es durante el cambio de marchas cuando el tren 2 de transmisión no está cargado.

En la figura 3 se muestra un diagrama de flujo que describe el método según la invención y consiste en una parte que discurre de manera continua, lado izquierdo, y compensa la desviación de temperatura de la señal del sensor. La otra parte del flujo discurre cuando se sabe que el tren de transmisión no está cargado, lado derecho.

- 50 La primera parte del flujo consiste en las etapas de medir un valor de señal procedente del sensor, lo que significa que la señal secundaria del sensor se convierte en una señal digital indicativa de la carga de torsión. Esta etapa puede con-

sistir en las etapas de una conversión A/D y además una demodulación de la señal que puede estar o bien en el dominio digital o bien en el analógico. Una segunda etapa del flujo consiste en determinar un valor de temperatura, que en la realización preferida se logra midiendo el cambio en la impedancia del circuito primario del sensor. Conociendo la relación entre impedancia y temperatura, puede determinarse así un valor de temperatura. En una tercera etapa, se usa el valor de temperatura para calcular la desviación de temperatura del sensor a esta temperatura particular. Esto se realiza basándose en una relación entre la temperatura y la desviación del sensor que se almacena en una base de datos en la unidad electrónica. En una cuarta etapa, se usa el valor calculado de la desviación del sensor para compensar la señal de salida del sensor obteniéndose de ese modo una señal de salida compensada en cuanto a la temperatura. En la quinta y última etapa de la parte continua del flujo, se detecta el estado del tren de transmisión.

Si se determina que el tren de transmisión no está cargado, se almacenan los valores actuales de la señal del sensor y la señal de temperatura en una memoria/base de datos. Para mejorar la calidad de los valores almacenados, esta etapa puede consistir en un filtrado opcional de las señales de temperatura y del sensor. En la siguiente etapa, se usan los nuevos valores en la base de datos, junto con valores medidos previamente, para determinar la relación entre valores de temperatura y valores de desviación del sensor. Esta relación es la que se usa para calcular una desviación del sensor en la parte continua del diagrama de flujo. Esta relación puede establecerse, por ejemplo, determinando parámetros en una expresión general entre la desviación del sensor y el valor de temperatura usando métodos conocidos tales como los "mínimos cuadrados".

Tanto las señales del sensor como las señales de temperatura se filtran preferiblemente usando métodos comunes para reducir los niveles de ruido, la ondulación del par de torsión, las oscilaciones del par de torsión u otras perturbaciones en las señales. Si existe una resonancia conocida en el sistema, puede diseñarse un filtro que reduzca o cancele esa resonancia.

Los pares de datos se almacenan en una memoria y se forma una base de datos que representa la variación de la desviación del sensor a diferentes temperaturas. Cada nuevo cambio de marchas, u otra ocasión en la que se recopilan datos, da como resultado un nuevo par de datos en la base de datos. Antes de que se almacenen los nuevos pares de datos en la base de datos, puede incluirse un control de la estabilidad de la señal de par de torsión. Si no se cumple un determinado criterio de estabilidad, se rechaza el par de datos.

La figura 4 ilustra un cambio de marchas típico de una caja 15 de cambios sincronizada en la que existe una desviación en la señal del sensor. La primera parte a muestra el nivel de par de torsión antes de iniciarse el cambio de marchas. En la segunda parte b de la curva, se reduce el nivel de par de torsión mientras que se desembraga el embrague 17. Cuando el tren 2 de transmisión se desembraga por completo, se aplanan la caída en el par de torsión durante un corto periodo c antes de realizarse el cambio de marchas. En este punto, el tren de transmisión y en consecuencia el sensor de par de torsión no están cargados (están a un nivel cero de par de torsión) y puede realizarse una medición de la señal del sensor y la señal de temperatura y almacenarse en la base de datos. Puesto que la señal del sensor en esta ejemplo tiene una desviación, el valor del sensor en la parte c de la curva no es igual a cero. La siguiente parte de la curva muestra cómo la operación del actuador de marchas, no mostrado, da como resultado una protuberancia negativa d en la curva de par de torsión cuando se aceleran o desaceleran nuevas marchas. Tras la selección de marcha, el embrague 17 se embraga y se aplica e el par de torsión desde el motor 16. El efecto transitorio del cambio de marchas da como resultado habitualmente una oscilación en el par de torsión que se amortigua lentamente, parte f de la curva.

En sistemas en los que se realiza un cambio de marchas sin el uso de un embrague 17, el cambio de marchas puede diseñarse de manera que la caja 15 de cambios esté en la posición neutra tras desembragarse la primera marcha pero antes de que se embrague la siguiente marcha. Esto proporciona un punto operativo en el que el tren de transmisión no está cargado y puede tomarse una lectura de la salida del sensor a carga cero. El esquema también es aplicable a cajas de cambios automáticas que normalmente cambian de marcha sin ninguna caída en el par de torsión. En determinadas ocasiones en las que se realiza un cambio de marchas a baja carga, la caja de cambios puede operarse intencionadamente a través del punto muerto para proporcionar un punto operativo en el que el tren de transmisión no está cargado y puede tomarse una lectura de la salida del sensor a carga cero.

Una desviación de la salida del sensor afecta a la precisión de todo el intervalo de funcionamiento, pero es más evidente a cargas bajas. En la figura 4, la desviación de la señal del sensor se observa claramente en la parte c de la curva, como una desviación con respecto a cero.

La figura 5 muestra un ejemplo de un cambio de marchas con desviación corregida de la señal del sensor, en comparación con la desviación no corregida en la figura 4. En este ejemplo, la señal del sensor en la parte c de la curva es casi idéntica a cero que es el valor real.

La figura 6 muestra un ejemplo de la distribución de mediciones de salida del sensor a bajas temperaturas y altas temperaturas. La dispersión de los pares de datos en cada nivel de temperatura se debe a incertidumbres tales como histéresis, ruido, movimiento posicional, gradientes de temperatura, etcétera. Para reducir el efecto de tales incertidumbres, preferiblemente se usan varias muestras de diferentes ocasiones en cada nivel de temperatura. Las muestras a baja temperatura pueden tomarse, por ejemplo, cuando acaba de arrancarse el motor antes de que se calienten los componentes de la caja de cambios. En consecuencia, las muestras a alta temperatura pueden tomarse cuando se ha hecho funcionar el motor durante un rato y ha alcanzado su temperatura de funcionamiento nominal.

Tomando muestras de temperatura en varios puntos operativos diferentes a lo largo de todas las variaciones estacionales del vehículo, puede cubrirse un modelo de rendimiento del sensor en todo el intervalo de funcionamiento.

La figura 7 muestra mediciones de salida del sensor a carga cero a varias temperaturas diferentes en un intervalo de temperatura continuo. En esta figura, se muestra una relación lineal entre desviación del sensor y temperatura.

- 5 La figura 8 muestra mediciones de salida del sensor a carga cero en un intervalo de temperatura continuo con un modelo de sensor lineal y de orden superior.

El modelo de la dependencia de desviación del sensor respecto a la deriva térmica se determina calculando parámetros en una expresión general de desviación del sensor con respecto a la temperatura. En su forma más sencilla, esto está representado por una relación lineal mostrada con la línea recta en las figuras 6, 7 y 8 y representada por la ecuación:

$$10 \quad S_0 = k_0 + k_1 T_s \quad (1)$$

donde

S_0 = desviación de sensor calculada del sensor

k_0, k_1 = parámetros de modelado

T_s = temperatura del sensor

- 15 Se determinan los parámetros k_0, k_1 mediante una optimización o ajuste óptimo de la expresión en la ec. 1 a los pares de datos de la señal del sensor y la señal de temperatura recopilados cuando el tren de transmisión está desembragado, también mostrado en las figuras 6, 7 y 8. Si resulta interesante modelar una relación más compleja entre desviación del sensor S_0 y temperatura T_s , pueden incluirse en la expresión términos de orden superior, dando como resultado de este modo que se determinen varios parámetros k_i . Esto proporciona la posibilidad de representar una relación no lineal entre desviación del sensor y temperatura ilustrada mediante la curva discontinua en la figura 8.
- 20

- Métodos comunes para determinar un ajuste óptimo de parámetros a un conjunto de datos son, por ejemplo, esquemas de regresión lineal o ajuste de mínimos cuadrados. También pueden concebirse otros esquemas. En su forma más sencilla, la base de datos se limita sólo a dos pares de datos, lo que hace muy fácil calcular los parámetros k_0, k_1 . En este caso, puede requerirse una condición adicional para certificar que la diferencia de temperatura entre las dos muestras es lo suficientemente grande. Para un esquema de este tipo, también puede requerirse que los parámetros k_0, k_1 no se actualicen directamente, sino más bien a través de aproximaciones sucesivas.
- 25

- Repitiendo el cálculo de parámetros k_i cada vez que se realiza un cambio de marchas, o en cualquier otra ocasión en la que se sabe que el tren de transmisión no está cargado, el modelo de sensor según la ec. 1 se mantiene de manera continua y compensa de ese modo efectos a largo plazo tales como el envejecimiento del sensor. Preferiblemente se eliminan los datos antiguos de la base de datos o se disminuyen mediante una función de ponderación, lo que garantiza que el modelo de sensor representa la característica actual del sensor.
- 30

- En la realización preferida, se calcula la señal 8a de temperatura en la unidad 8 de cálculo de temperatura basándose en características del circuito primario del sensor 1. Señales fácilmente disponibles a partir de la unidad 2 de excitación son la corriente de excitación y la tensión de excitación. Se combinan los valores medidos de la corriente de excitación y la tensión de excitación para formar la impedancia del sensor 1 según la ecuación:
- 35

$$Z_p = \frac{U_p}{I_p} \quad (2)$$

donde

Z_p = impedancia del circuito primario del sensor

U_p = tensión de excitación del circuito primario del sensor

- 40 I_p = corriente de excitación del circuito primario del sensor

- Puesto que la impedancia del circuito primario es una función de la temperatura que resulta de la deriva de resistencia de los devanados primarios del sensor 1 y la reluctancia dependiente de la temperatura del árbol, la deriva de resistencia del árbol, el patrón de cobre, la permeabilidad dependiente de la temperatura y los esfuerzos residuales en la superficie, puede formarse una expresión para la temperatura del sensor 1 basándose en la impedancia del circuito primario, que en su forma más sencilla es una relación lineal según la ecuación:
- 45

$$T_s = k_T(Z_p - Z_0) \quad (3)$$

donde

T_s = temperatura calculada del sensor

k_T = coeficiente de temperatura

5 Z_p = impedancia del circuito primario del sensor

Z_0 = impedancia a temperatura de calibración/cero

En una implementación más refinada o para mayores intervalos de temperatura, pueden incluirse ecuaciones con términos de orden superior en la relación entre la temperatura del sensor y la impedancia del circuito primario. A nivel general, la relación entre la temperatura y la impedancia puede representarse mediante cualquier función adecuada.

10 Pueden medirse directamente la tensión de suministro y la corriente de suministro en la unidad 4 de excitación del sensor 1 tal como se indica en la figura 1. Sin embargo, para minimizar la influencia de resistencias de cables y contactos en la conexión entre la unidad 4 de excitación y el sensor 1, se realiza preferiblemente la medición de tensión tan cerca como sea posible del sensor 1 con una medición de cuatro hilos de la impedancia. En una medición de cuatro hilos, se mide la tensión en un par de conductores que están separados del par de conductores que suministra la corriente, véase la figura 9. No fluye corriente o muy poca a través del par de conductores sobre los que se mide la tensión.

15 La tensión de excitación y la corriente de excitación son señales variables en el tiempo y pueden estar representadas, como tales, por una amplitud y un ángulo de fase. Esto proporciona una representación compleja de la impedancia que consiste en una parte resistiva y una parte reactiva. Su representación en la ecuación 2 pueden ser números reales que representan la amplitud de las señales o números complejos que representan tanto la amplitud como el ángulo de fase. También pueden usarse otras medidas que representan las formas de las curvas de las señales.

20 Además, las características del circuito primario también pueden representarse mediante la inversa de la impedancia u otras combinaciones de la tensión de excitación y la corriente de excitación.

25 Para minimizar la influencia de la carga mecánica sobre la señal de temperatura, la representación de la impedancia en la ecuación 3 puede elegirse en el ángulo de fase que tenga la menor influencia de la carga aplicada. En una representación compleja de la impedancia se observa que la influencia de la carga aplicada afecta a la señal de impedancia a un ángulo de fase diferente al efecto de una temperatura diferente.

30 Sin embargo, por ciertos motivos, puede ser favorable trabajar con una representación de impedancia que se ve influida tanto por la temperatura como por la carga. Un ejemplo de una representación de este tipo es la amplitud de la impedancia. En estos casos, puede mejorarse enormemente el rendimiento de la señal de temperatura mediante una linealización o compensación que elimina o minimiza el efecto de carga basándose en o bien la señal 10a o bien la señal 13a en la figura 1.

El sensor 1 de par de torsión preferido es del tipo magnetorresistivo según la patente estadounidense 5646356 o la solicitud estadounidense en tramitación 2002189372.

35 Otra manera de detectar el nivel cero de par de torsión en una transmisión es procesar adicionalmente la señal de par de torsión obtenida y seguir el cambio en el par de torsión durante el desembragado del embrague. Tal como puede observarse en la figura 5, hay un cambio muy abrupto en la pendiente de la señal de par de torsión cuando se aplanan en la parte c la reducción en el par de torsión en la parte b. Esta transición puede detectarse fácilmente observando la derivada de la señal de par de torsión o mediante otros medios que detectan el cambio en la pendiente y el cambio brusco entre las dos fases.

40 Otra característica que puede usarse para detectar que el tren de transmisión está desembragado es el cambio en el contenido en ondulación de la señal de par de torsión. Debido a las combustiones individuales del motor, la señal de par de torsión tiene una cantidad estacionaria de ondulación del par de torsión u oscilaciones superpuestas en la salida neta de par de torsión cuando el tren de transmisión está conectado mecánicamente al motor. Esta ondulación del par de torsión se reduce drásticamente cuando el motor está desembragado. Este cambio en el contenido en ondulación puede usarse, por tanto, como un medio para detectar si el tren de transmisión está embragado o desembragado del motor.

45 Pueden usarse medios adicionales para detectar el nivel cero de par de torsión del tren de transmisión incluso sin el funcionamiento de la caja de cambios. Cuando el motor y el tren de transmisión se hacen funcionar cerca del cambio a carga cero desde una carga negativa o positiva o viceversa, puede detectarse la parte en la que el tren de transmisión pasa a través del huelgo o juego en el tren de transmisión en la señal de par de torsión como una fase en la que se aplanan el cambio en el par de torsión. Esto se observa claramente como mesetas en la señal de par de torsión cuando pasa a través del juego o huelgo en la transmisión.

En la figura 11, estas mesetas aparecen a un nivel distinto de cero, lo que indica la desviación de la señal del sensor. En la parte en la que se aplana el par de torsión según la descripción anterior, se sabe que la carga del tren de transmisión no está cargada.

5 Puede usarse cualquiera de los métodos anteriores para una detección de carga cero en la transmisión o bien por sí mismos, en combinación o bien en combinación con una señal de activación procedente de la unidad de control de caja de cambios.

10 En otra realización de la invención, la señal de temperatura usada en la ecuación 1 puede componerse no sólo de la señal de temperatura calculada a partir del circuito primario del sensor según la ecuación 3, sino también por otras señales de temperatura que se conocen por el sistema de control de supervisión así como señales de temperatura procedentes de otros sensores de temperatura externos.

Se observa que aunque lo anterior describe realizaciones de la invención a modo de ejemplo, hay diversas variaciones y modificaciones que pueden realizarse a la solución dada a conocer sin apartarse del alcance de la presente invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

15 Por tanto, la invención puede aplicarse también para la compensación adaptativa de la deriva térmica de un sensor de fuerza en un equipo mecánico o una línea de proceso tal como una acería o una fábrica de papel. Puede usarse un sensor de fuerza en equipo de este tipo, por ejemplo, para medir la fuerza de laminación o la tensión de banda de la chapa de acero o la banda de papel. Un ejemplo de puntos de funcionamiento que se producen de forma natural cuando el sensor no está cargado para estas aplicaciones existe tras salir la chapa o banda de la línea de proceso y antes de que entre una nueva chapa o banda de papel.

20 La invención también puede aplicarse para un sensor de par de torsión o un sensor de fuerza para otras aplicaciones en la industria de la automoción, en otras aplicaciones industriales o aplicaciones en otras áreas que presenten la naturaleza de un funcionamiento intermitente con puntos de funcionamiento que se producen de manera natural cuando el sensor no está cargado, está próximo a estar no cargado o a un nivel de carga conocido, pudiendo estos puntos de funcionamiento o bien controlarse o bien detectarse mediante cualquier medio.

25

REIVINDICACIONES

1. Método para la compensación adaptativa de la deriva térmica de un sensor, diseñado para medir el par de torsión de un árbol o un tren de transmisión o la fuerza en un equipo mecánico, durante el funcionamiento, que comprende las etapas de:
- 5 - medir de forma recurrente la señal del sensor y determinar una temperatura asociada,
 - calcular un valor de desviación en función de la temperatura basándose en datos medidos y almacenados,
 - compensar el valor de la señal medida usando dicho valor de desviación calculado,
caracterizado por,
- 10 - detectar cuándo no está cargado el sensor o prácticamente no cargado y si es así almacenar el valor de la señal del sensor y el valor de la temperatura asociada en una memoria y actualizar un modelo de desviación del sensor.
2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado además por,**
 - detectar cuándo no está cargado el sensor basándose en una señal procedente de una unidad de control o un sistema de control.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado además por,**
- 15 - detectar cuándo no está cargado el sensor basándose en la posición de un conmutador.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por,**
 - detectar cuándo no está cargado el sensor monitorizando características de la señal del sensor.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por,**
 - detectar cuándo no está cargado el sensor monitorizando el cambio/la transición en el par de torsión y/o la pendiente del par de torsión.
- 20 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por,**
 - detectar cuándo no está cargado el sensor monitorizando el cambio en el contenido en ondulación de la señal de par de torsión.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por,**
- 25 - detectar cuándo no está cargado el sensor monitorizando cuándo se aplanan los cambios en el par de torsión en la transmisión.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además porque,**
 - se determina la señal de temperatura basándose en propiedades del circuito primario del sensor.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además porque,**
- 30 - se determina la señal de temperatura basándose en la corriente, tensión y/o impedancia del circuito primario del sensor o una combinación de las mismas.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además porque,**
 - se usan señales de temperatura procedentes de sensores de temperatura externos.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por,**
- 35 - filtrar los datos para reducir las perturbaciones en las señales tales como ruido, ondulación del par de torsión y/u oscilaciones del par de torsión.
12. Sistema para la compensación adaptativa de la deriva térmica de un sensor, diseñado para medir el par de torsión de un árbol o un tren de transmisión o la fuerza en un equipo mecánico, durante el funcionamiento, que comprende:
- 40 - medios (1) para medir el par de torsión del sensor y una temperatura asociada,
 - medios (6,7) para calcular un valor de desviación del sensor en función de la temperatura basándose en los datos medidos y almacenados,

- medios (6,7) para compensar el valor de la señal del sensor usando dicho valor de desviación calculado,

caracterizado por,

- medios (6,7) para detectar cuándo no está cargado el sensor (1) y/o el tren (2) de transmisión y si es así almacenar estos datos en una memoria (7) y

5 - medios (6,7) para actualizar un modelo de sensor minimizando de ese modo la desviación de la señal del sensor.

13. Programa informático que comprende medios de código de programa informático para llevar a cabo las etapas de un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

14. Medio legible por ordenador que comprende un programa informático según la reivindicación 13.

15. Circuito lógico configurado para llevar a cabo las etapas de las reivindicaciones 1 a 11.

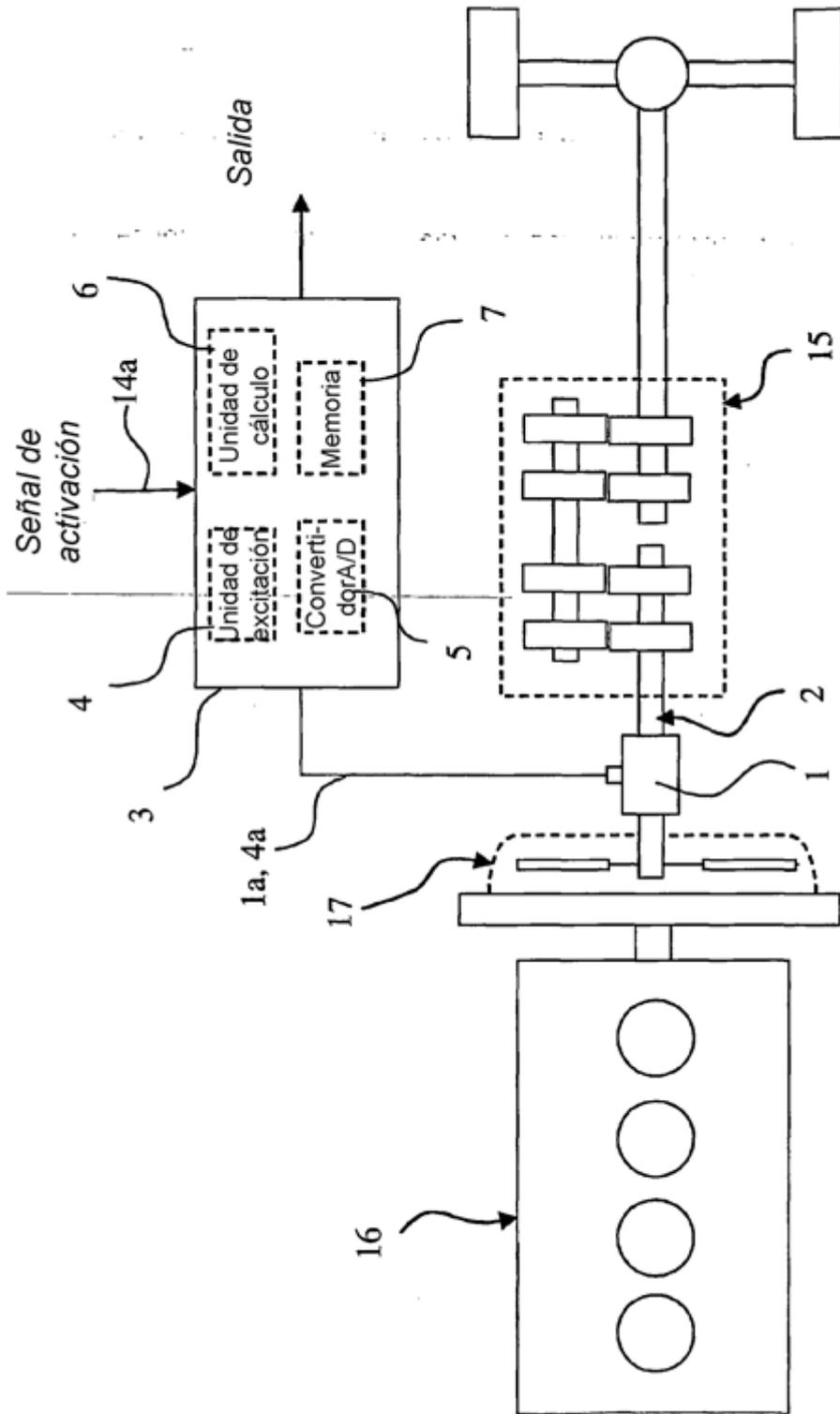


Figura 1

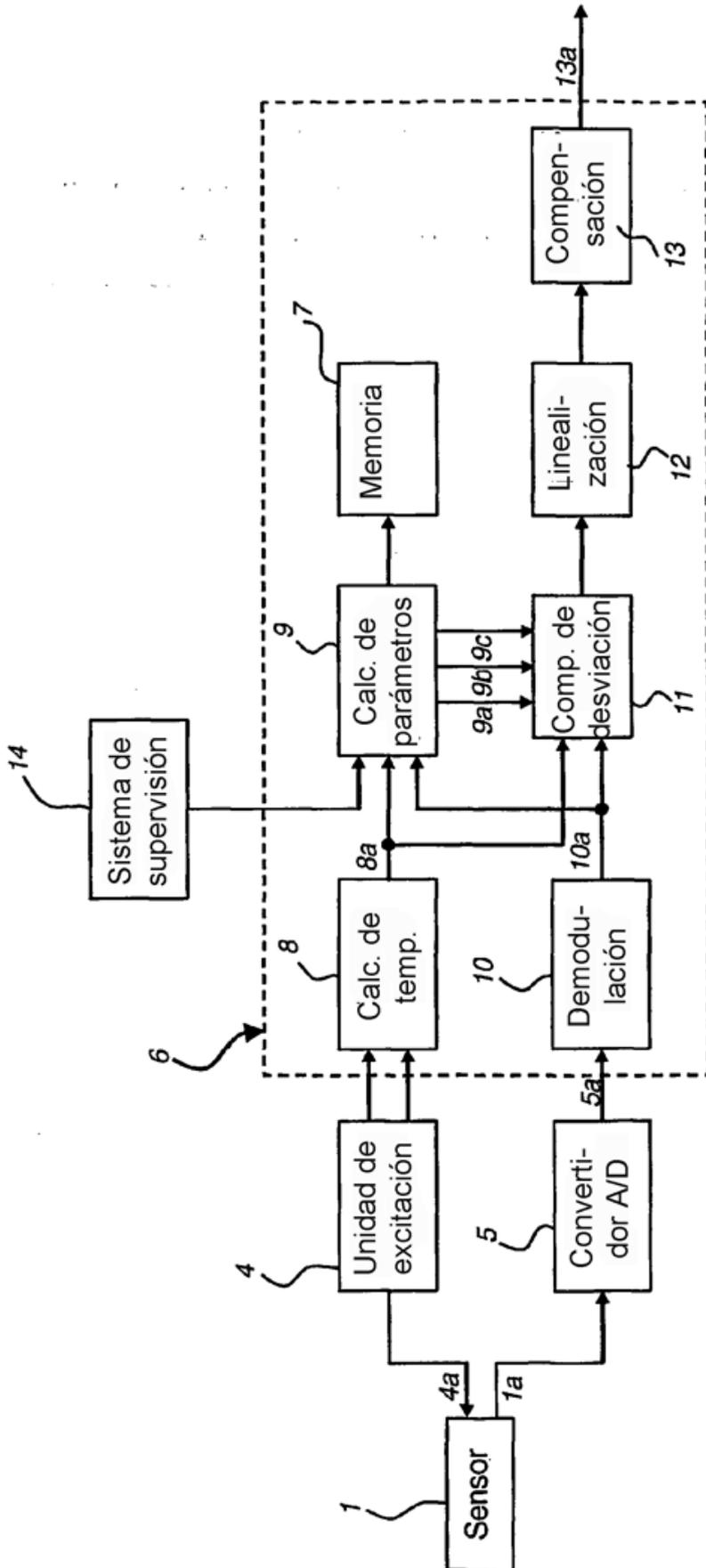


Figura 2

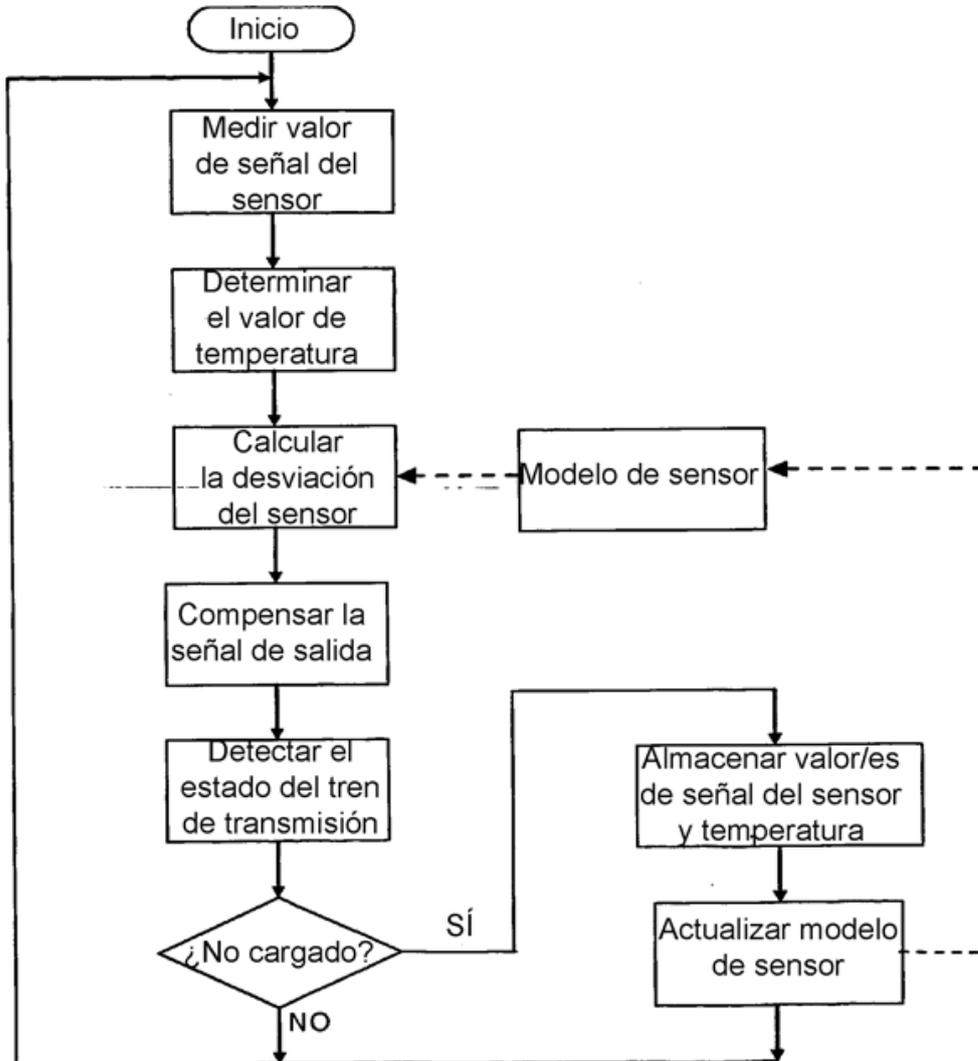


Figura 3

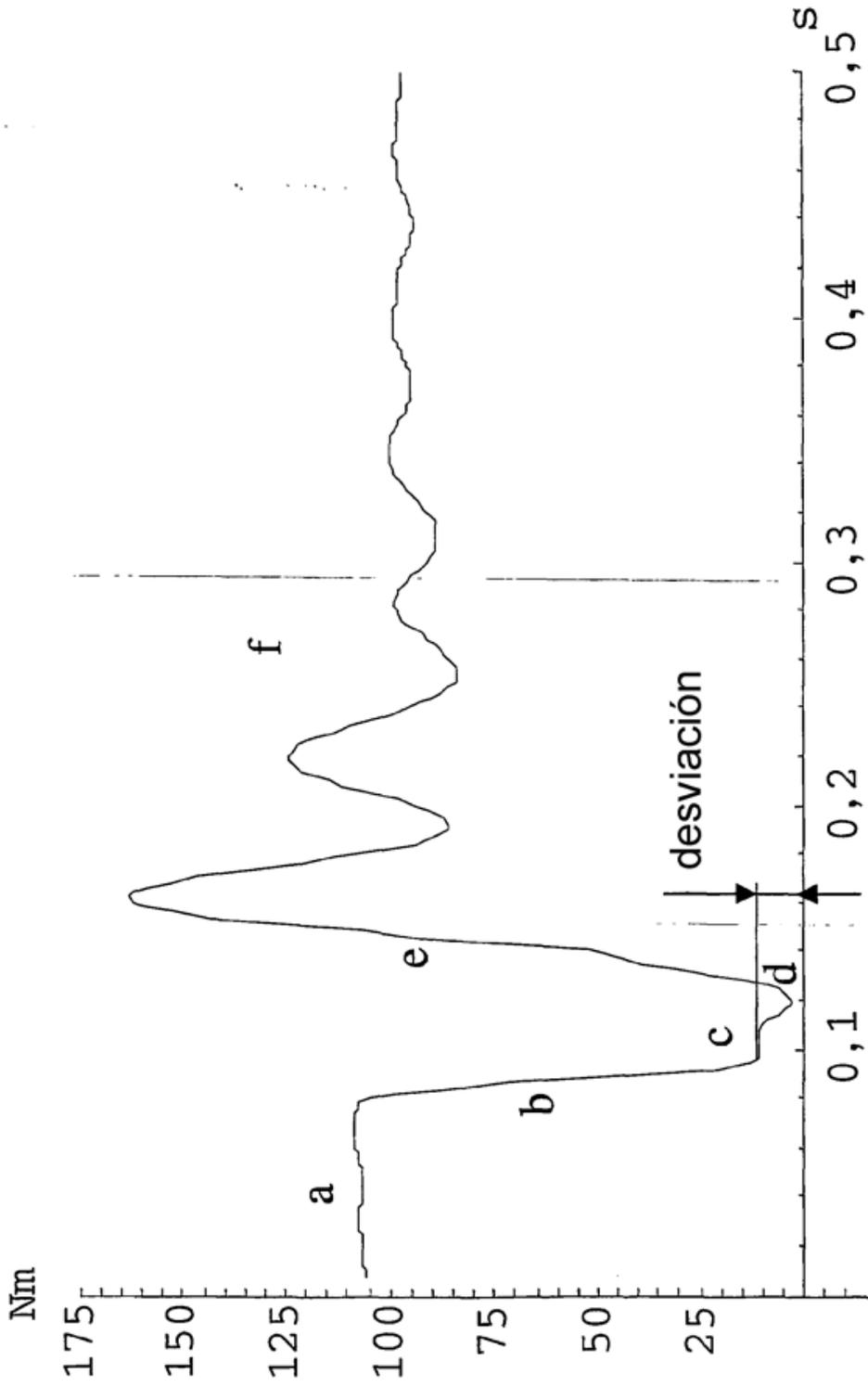


Figura 4

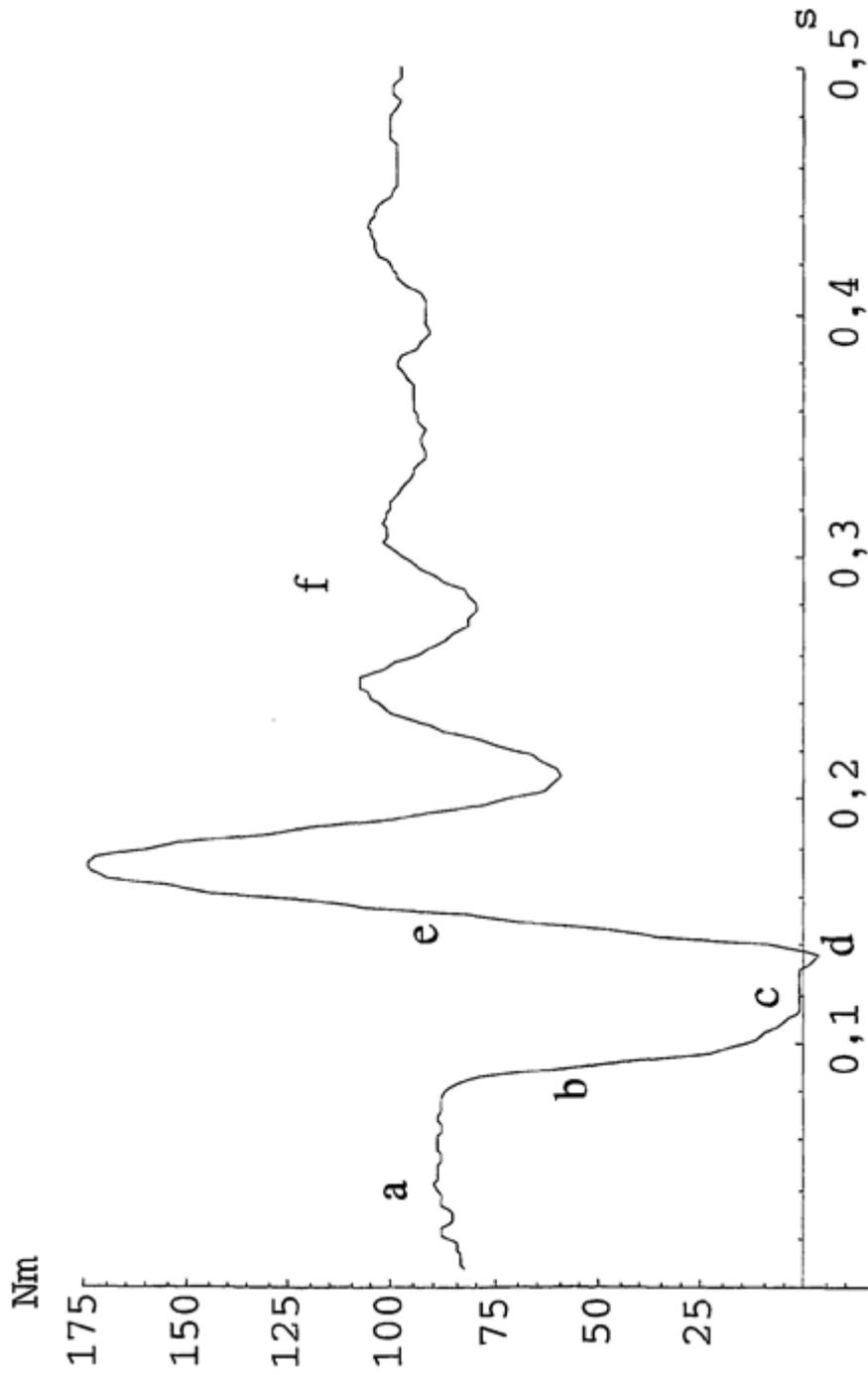


Figura 5

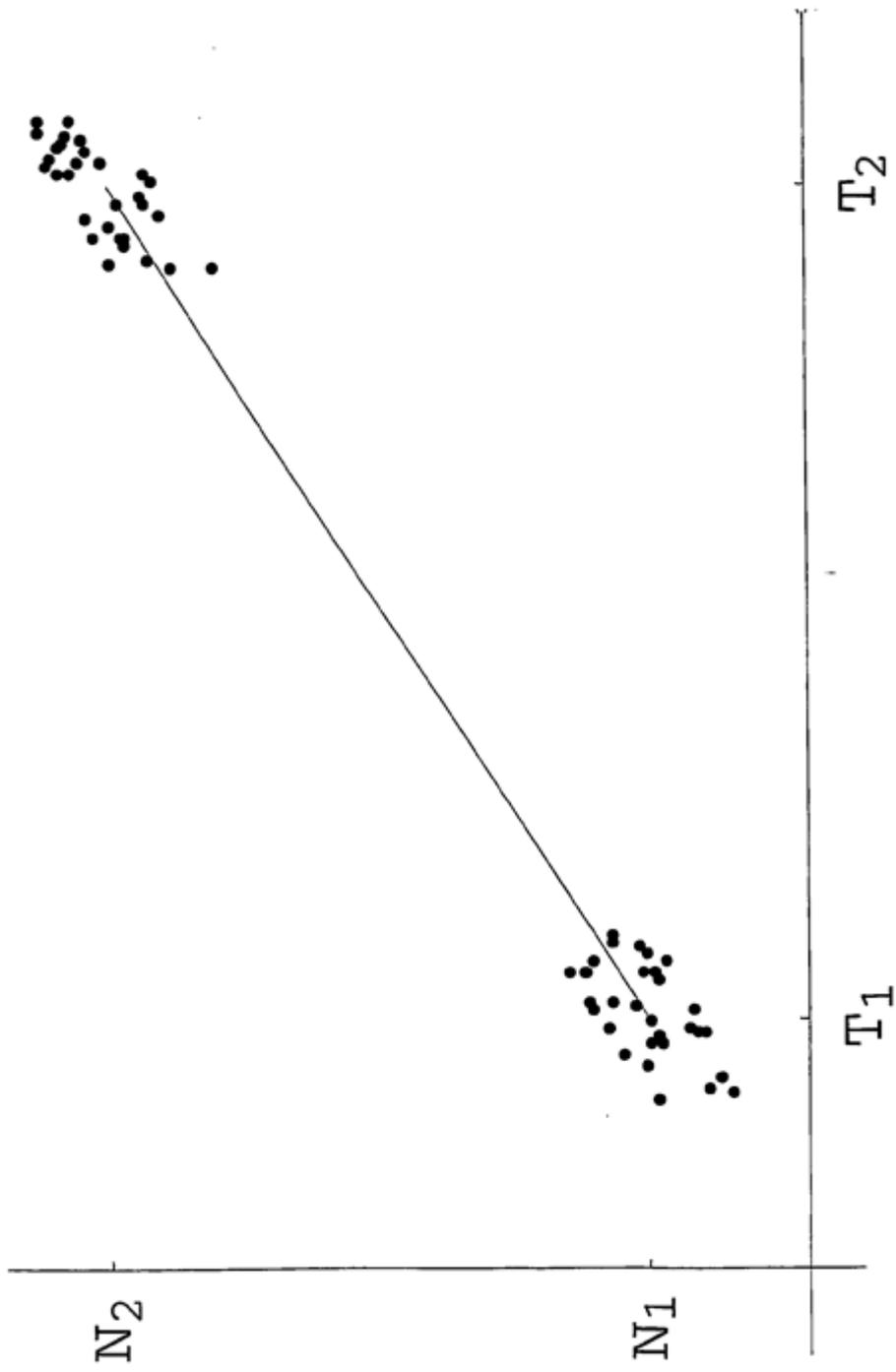


Figura 6

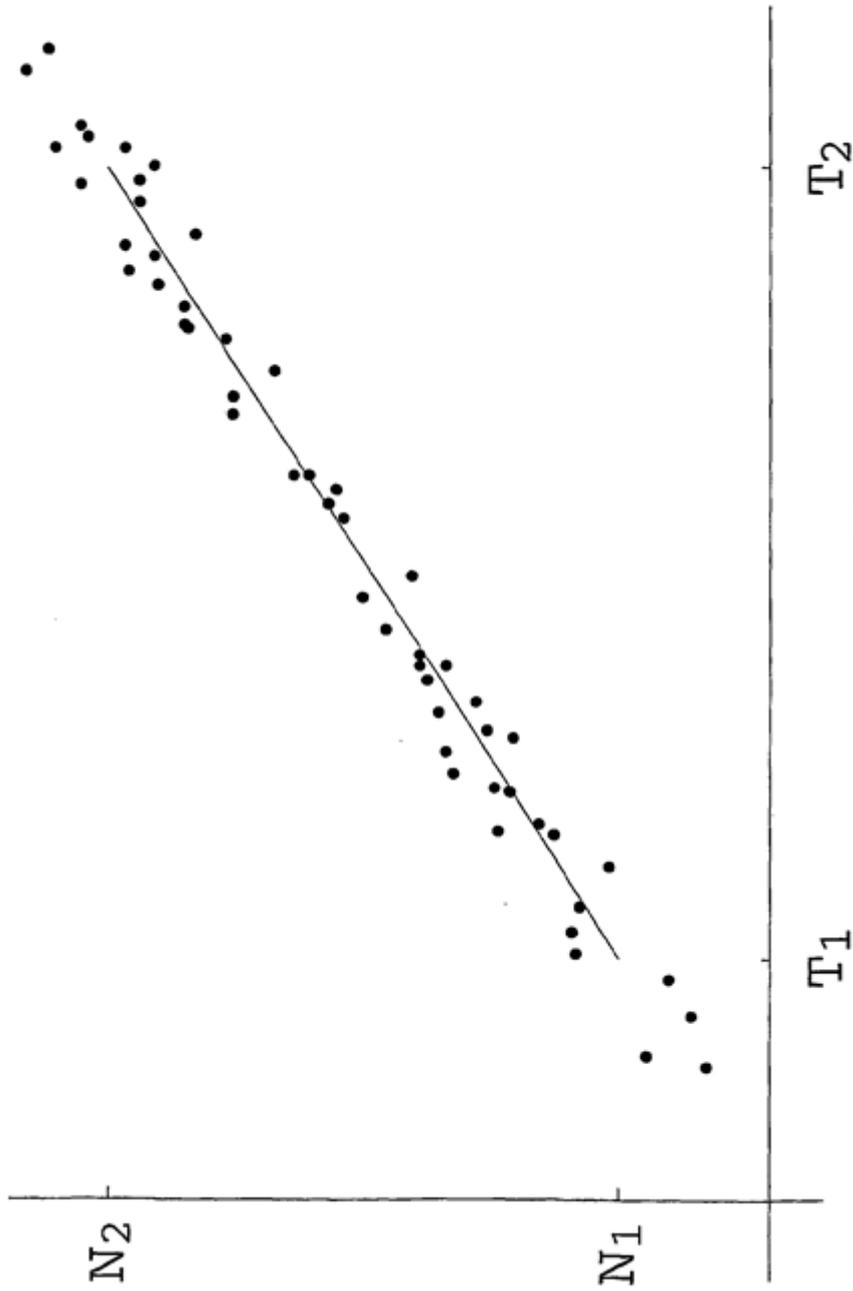


Figura 7

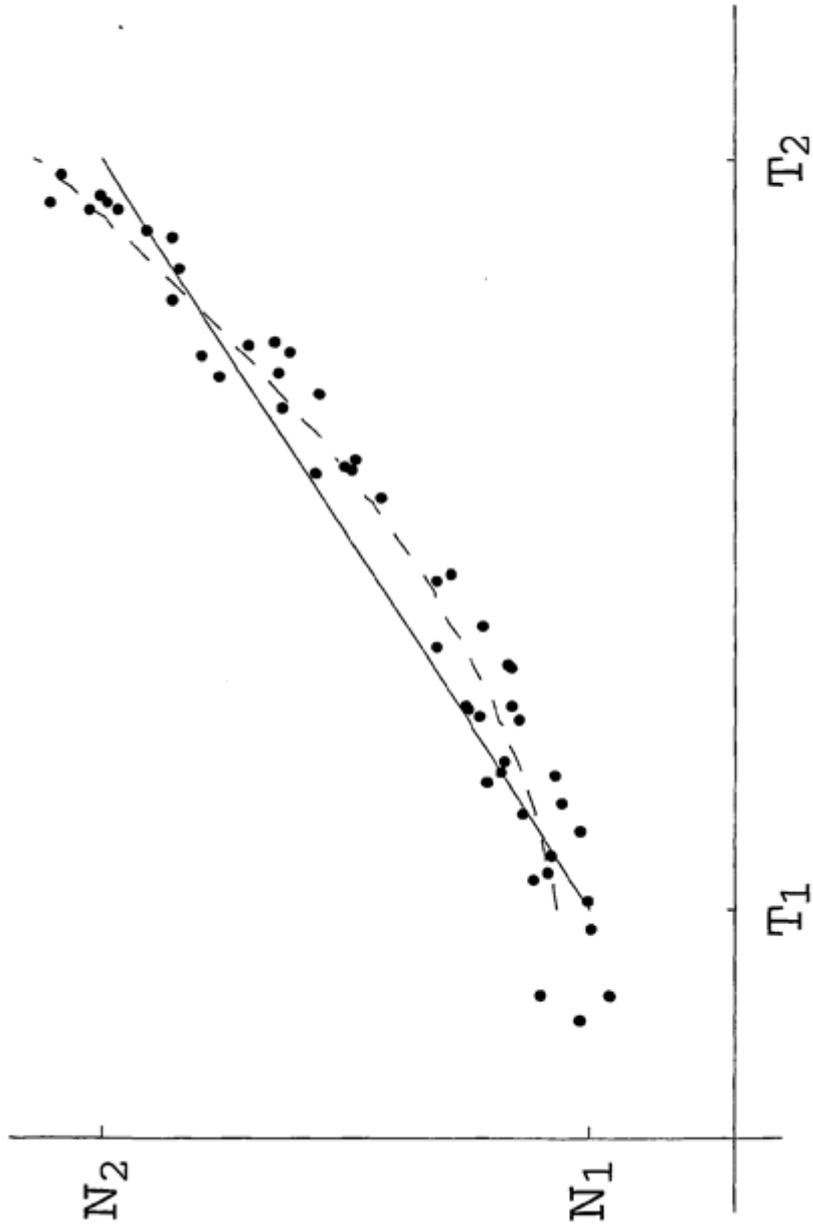


Figura 8

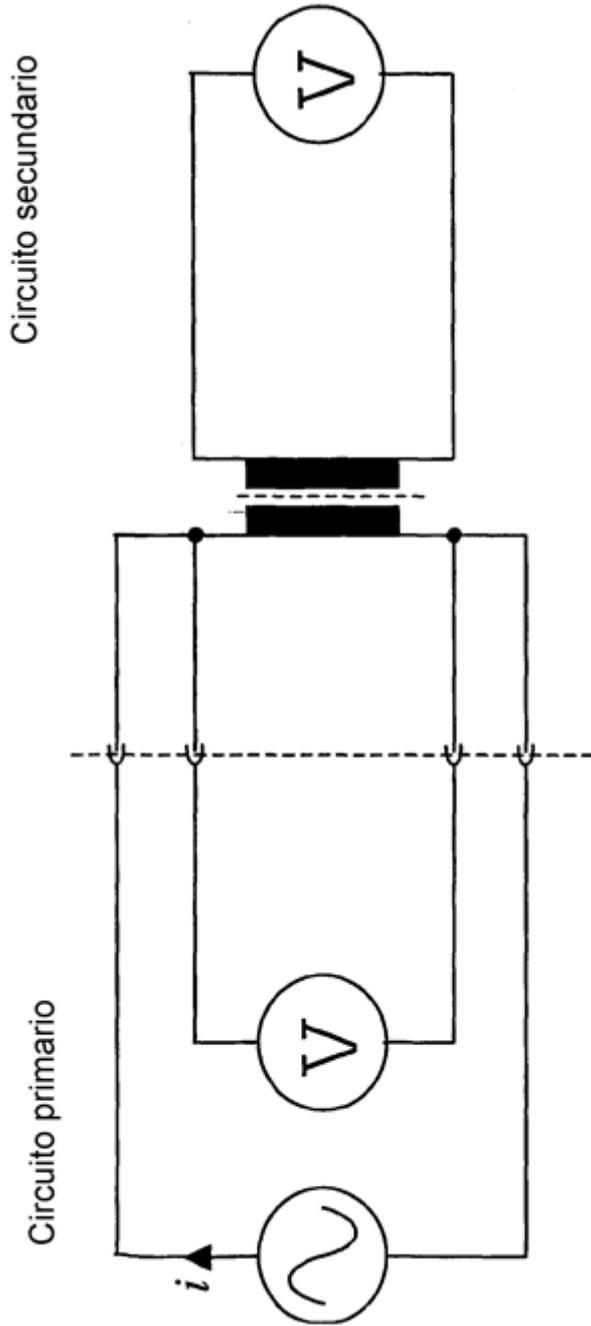


Figura 9

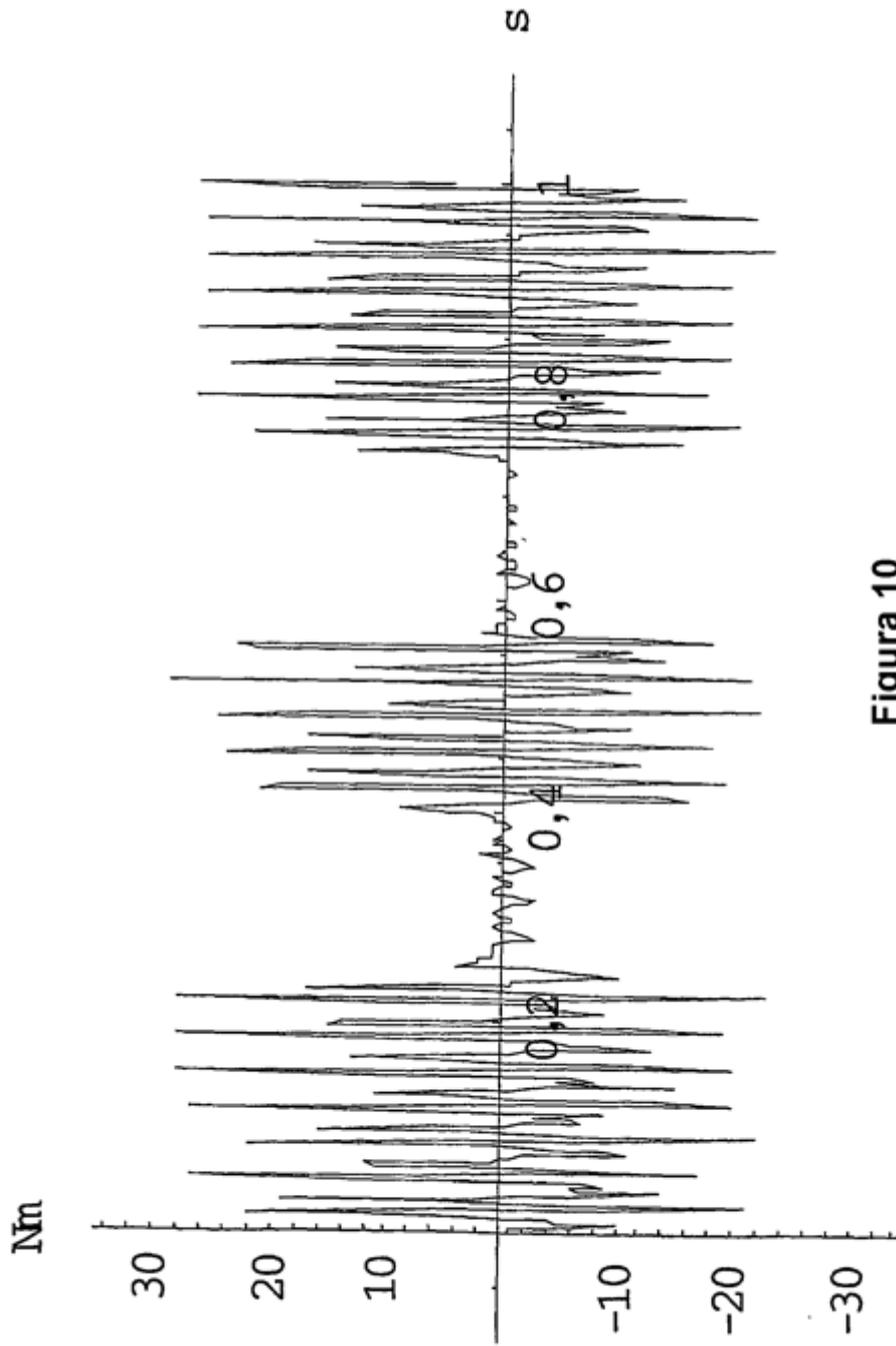


Figura 10

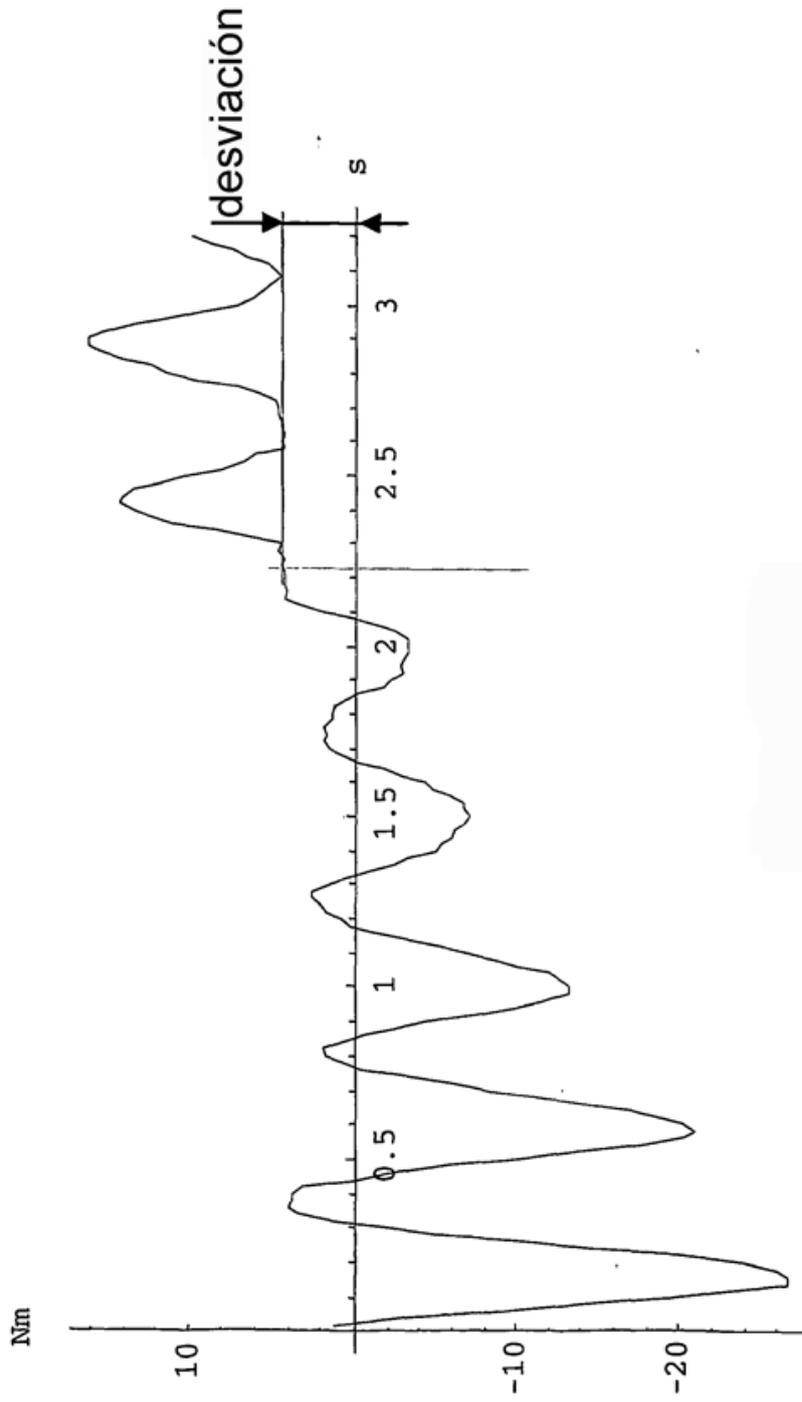


Figura 11