

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 273 004**

⑤① Int. Cl.:
C25D 7/10 (2006.01)
C25D 3/32 (2006.01)
C25D 5/12 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **03732736 .8**
⑧⑥ Fecha de presentación : **20.06.2003**
⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1520064**
⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **06.04.2005**

⑤④ Título: **Cojinete liso que presenta una capa de recubrimiento de aleación.**

③⑩ Prioridad: **13.07.2002 GB 0216331**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2007

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2007

⑦③ Titular/es: **DANA CORPORATION**
4500 Dorr Street, P.O. Box 1000
Toledo, Ohio 43615, US

⑦② Inventor/es: **Johal, Charan, P. S. y**
Carey, John

⑦④ Agente: **Cañadell Isern, Roberto**

ES 2 273 004 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

Cojinete liso que presenta una capa de recubrimiento de aleación.

5 La presente invención se refiere a cojinetes de fricción, especialmente pero no de forma exclusiva destinados a motores de combustión internos, así como a las llamadas capas de recubrimiento depositadas sobre la superficie de deslizamiento de tales cojinetes.

10 Las capas de recubrimiento en cojinetes de fricción son bien conocidas. Estos recubrimientos se utilizan para mejorar las características de marcha de los cojinetes de fricción. Generalmente, las capas de recubrimiento son aleaciones metálicas relativamente blandas, que tienen una dureza del orden de aproximadamente 15 Hv; frecuentemente están basadas en aleaciones de plomo; y se depositan sobre otra aleación de cojinete más dura con un espesor del orden desde unas 10 a 30 μm . Las aleaciones de recubrimiento del tipo que se consideran se aplican generalmente mediante electrodeposición desde soluciones acuosas de galvanoplastia.

15 Los cojinetes sobre los cuales se depositan los recubrimientos son generalmente de forma cilíndrica, o más corrientemente de forma semi-cilíndrica, como casquillos semi-cojinetes que soportan por ejemplo los apoyos de bancada del cigüeñal en los motores de combustión interna. Estos cojinetes generalmente comprenden una capa de un material de soporte robusto tal como acero, por ejemplo, sobre el cual va unida una capa de un material antifricción, elegido
20 frecuentemente de entre aleaciones de aluminio o cobre. El método de fijar la capa de aleación antifricción sobre el dorso robusto puede ser cualquiera que sea adecuada y puede incluir técnicas tales como soldadura a presión de láminas de la aleación antifricción sobre el soporte; la fundición de aleación líquida sobre el soporte o la sinterización de polvos de aleación sobre el soporte, por ejemplo, no siendo exhaustivos estos métodos. La capa de aleación de recubrimiento se deposita sobre la superficie de la aleación de cojinete más dura y le imparte al cojinete terminado formado
25 de esta manera unas propiedades que incluyen la conformabilidad y la capacidad de empotrar partículas de suciedad y de esta manera evitar arañar un apoyo de cigüeñal por partículas de suciedad arrastradas por el aceite lubricante. Aunque las aleaciones de recubrimiento son en su forma a granel unas aleaciones relativamente débiles, al aplicarlos como una capa delgada sobre otra aleación antifricción más dura tienen la propiedad de incrementar la resistencia a la fatiga de un cojinete que incorpore esa aleación antifricción más dura e intrínsecamente más robusta. Esto se debe
30 a la conformabilidad de la aleación de recubrimiento que es capaz de deformarse ligeramente con el fin de absorber ligeros errores de alineación, especialmente en motores nuevos durante la fase de "rodaje", y de esta manera distribuir la carga más uniformemente en toda el área de la superficie del cojinete.

35 Tal como se ha indicado anteriormente, numerosas aleaciones de recubrimiento convencionales están basadas en aleaciones de plomo. El plomo es un metal tóxico, cuyo uso eventualmente será prohibido por la legislación gubernamental en todo el mundo. Con el fin de que la capa de recubrimiento basada en plomo sea menos propensa a la corrosión en los aceites calientes del motor, se añade con frecuencia aproximadamente un 10% de peso en estaño, o alternativamente un 7 a 10% en peso de indio. Ahora bien, el indio es relativamente muy caro en comparación con el estaño, y tiende a ser utilizado para vehículos más caros de alto rendimiento. Ahora bien, cuando se utiliza estaño en la aleación de recubrimiento y se deposita sobre una aleación antifricción más dura, tal como por ejemplo un cuproplomo, existe un problema por cuanto en las condiciones de funcionamiento del motor, el estaño tiende a difundirse fuera del recubrimiento y dentro del plomo de la aleación antifricción situada debajo, tal como hace el indio. Esto se resuelve recubriendo la superficie de la aleación antifricción más dura situada debajo, con una delgada barrera de difusión de aproximadamente 1-3 μm de un metal tal como níquel. Ahora bien, esto no es totalmente satisfactorio,
40 ya que sigue produciéndose la difusión y el recubrimiento sigue siendo vaciado de estaño debido a la formación de compuestos intermetálicos no equilibrados tales como Ni_3Sn ó Ni_3Sn_2 , que no son buenos materiales antifricción en la situación en la que la muñequilla del cigüeñal llega a atravesar el recubrimiento hasta el interfaz subyacente que comprende estos compuestos intermetálicos.

50 Dada las exigencias cada vez mayores que han de cumplir los cojinetes de los motores con mayor potencia específica y que trabajan a unas revoluciones más altas del motor, ha habido una demanda de que estas aleaciones de recubrimiento relativamente blandas tengan mayor resistencia al desgaste, manteniendo por lo menos los niveles existentes de resistencia a la fatiga, de resistencia a la cavitación y de resistencia a la corrosión. Este requisito ha dado lugar al desarrollo de las llamadas aleaciones de recubrimiento de plomo-estaño-cobre, cuyo ejemplo es el Pb-10 Sn-2Cu.
55

En lo referente al arte anterior relevante, la patente US5712049 describe un cojinete de fricción que lleva una capa metálica de aluminio o de una aleación de aluminio, que por la cara que mira hacia la superficie de fricción una capa de estaño producida galvanicamente, unida a la capa metálica antifricción por medio de una capa alcalina muy delgada,
60 exenta de halógeno, de una inmersión de zinc, cobre, níquel y hierro, depositada sobre la capa metálica del cojinete. Para producir ese elemento de fricción, se utiliza un baño de inmersión de alto nivel alcalino que contiene sales de zinc, níquel, cobre y hierro, principalmente a base de cianuros. Después del tratamiento por inmersión, la pieza bruta del elemento de fricción se lava con considerable cantidad de agua desionizada exenta de ácido carbónico. Durante un subsiguiente primer paso de estañado, se trata la superficie de fricción en un baño a una temperatura entre 20° y 26°C
65 con una intensidad de corriente de 2-3 A/dm², y durante una duración de exposición de por lo menos un minuto.

Por lo tanto, uno de los objetivos de la presente invención es el de proporcionar una capa de recubrimiento que no sea tóxica, y otro de los objetivos es proporcionar un recubrimiento que no forme compuestos indeseables en un

ES 2 273 004 T3

interfaz con el material más duro subyacente del cojinete. Y otro objetivo más es el de proporcionar un recubrimiento que dé unas prestaciones mejoradas con respecto a las aleaciones de recubrimiento conocidas a base de plomo.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para fabricar un cojinete de fricción conforme a la reivindicación 1. También se proporciona un cojinete de fricción resultante de llevar a cabo este método.

Los materiales orgánicos utilizados como agentes niveladores en la presente invención incluyen nonilfenilpoliglicoléter y pirocatecol. El contenido de material orgánico en el baño electrolítico influye en el grado de nivelación conseguido en la capa de estaño depositada, reflejándose el grado de nivelación en la rugosidad superficial de la capa de estaño.

Con unos niveles bajos del agente nivelador orgánico, que sean demasiado bajos para que se hagan notar plenamente los beneficios de la presente invención, el aspecto de la superficie del cojinete es de aspecto generalmente cristalino, con islas de material liso distribuidas sobre la superficie. Con un contenido de agente nivelador orgánico en el cual toda la superficie quede lisa, éste es el contenido mínimo deseable.

Se cree que el agente nivelador orgánico se incorpora en la matriz de la capa de estaño depositada en forma de cadenas de polímero ocluidas en la estructura de la matriz, por ejemplo en forma de un compuesto de estaño organometálico. Las cadenas de polímero parecen impartir una orientación preferida a los átomos de estaño durante la deposición, lo cual se ha encontrado que da lugar a unas propiedades de deslizamiento mejoradas. Las propiedades de deslizamiento mejoradas se han manifestado por unos coeficientes de fricción más bajos en la capa de estaño, en comparación con depósitos de estaño ordinarios sin las adiciones de nivelación. La superficie del recubrimiento de estaño del cojinete de la presente invención es muy lisa, dando lugar a un grado de rozamiento menor con respecto a la correspondiente muñequilla del cigüeñal, lo cual a su vez da lugar a una mejor compatibilidad de la superficie del cojinete y la muñequilla del cigüeñal, dando lugar a unas tasas de desgaste menores.

El componente orgánico del recubrimiento de estaño da lugar a una mayor dureza, en la gama desde aproximadamente 20 a 30 Hv. El estaño puro sin agente nivelador orgánico presenta, dependiendo de su condición, una dureza de aprox. 8-12 Hv. La dureza del recubrimiento de estaño se puede modificar dependiendo del contenido del agente liberador orgánico en el baño electrolítico; cuanto menor sea el contenido, tanto más reducida es la dureza correspondiente. La inversa también es cierta, por cuanto al aumentar el contenido de agente nivelador, lo hace también la dureza. Ahora bien, existe la posibilidad de obtener un contenido de agente nivelador orgánico demasiado alto, de manera que la dureza sea excesiva, y se produzcan unas tensiones internas elevadas en el depósito, que pueden dar lugar al agrietamiento del depósito de estaño. Se trata de que el recubrimiento del cojinete objeto de la presente invención actúe de una manera similar a los recubrimientos convencionales, en cuanto que la capa de recubrimiento sea suficientemente blanda para permitir que se empotren en el recubrimiento partículas de suciedad que circulen en el aceite lubricante con el fin de impedir que esas partículas de suciedad marquen la muñequilla del cigüeñal. Mientras que el recubrimiento de estaño de la presente invención es más duro que el estaño puro en un factor de X2 a X3, sigue siendo suficientemente blando para proporcionar la característica requerida de posibilidad de empotramiento de suciedad, y por lo tanto la gama de dureza preferida es de 20 a 30 Hv.

La capa metálica intermedia proporcionada puede tener un espesor que esté dentro de la gama de aprox. 0,1 a aprox. 3 μm , prefiriéndose un espesor de 1 a 2 μm , sin embargo el espesor real tiene una importancia relativamente escasa en cuanto a las prestaciones del cojinete. El metal se puede elegir de entre un grupo no exhaustivo que incluye níquel, cobalto, cobre, plata, hierro y aleaciones de estos metales. Por ejemplo se ha encontrado que en las condiciones de funcionamiento del motor, el recubrimiento de estaño reacciona con la capa intermedia de níquel a lo largo del tiempo para formar un compuesto intermetálico de equilibrio estable, Ni_3Sn_4 , debido a la presencia de un exceso efectivo del estaño. Como se ha señalado con anterioridad, los recubrimientos de plomo-10 estaño del arte anterior tendían a formar compuestos inestables, sin equilibrio, Ni_3Sn ó Ni_3Sn_2 , que son malos materiales de cojinete y tienen menor compatibilidad con un apoyo de cigüeñal, y que en el pasado se han culpado de causar gripados cuando el recubrimiento se haya desgastado hasta la capa intermedia. Por otra parte, el Ni_3Sn_4 es un material de cojinete muy bueno, y por lo tanto, el recubrimiento objeto de la presente invención, además de presentar superior resistencia al desgaste y a la erosión por cavitación, también es menos propenso al gripado cuando el recubrimiento se acerca al final de su vida. Por lo tanto, este efecto imprevisto de generar un buen material de cojinete en el interfaz se considera como una ventaja importante del cojinete objeto de la presente invención.

Al igual que con las capas de recubrimiento conocidas, el espesor de recubrimiento del cojinete objeto de la presente invención puede estar dentro de la gama de aprox. 10 a 30 μm , prefiriéndose unos valores entre 13 y 18 μm .

Las condiciones de deposición de los recubrimientos de estaño conformes a la presente invención se pueden variar para producir toda una gama de microestructuras. Por ejemplo, el análisis de la capa de recubrimiento de estaño mediante microscopio electrónico no ha revelado ningún tamaño de grano discernible; incluso con aumentos de X5000 y X10000 no se pueden detectar granos. Sin embargo se pueden producir recubrimientos que tengan unos tamaños de grano de hasta 3 μm . Sin embargo se prefiere producir un tamaño de grano menor, ya que éstos proporcionan unas características mejores para el cojinete.

Se prefiere depositar el recubrimiento de estaño del cojinete objeto de la presente invención utilizando lo que se llama un "útil de ranura", donde el cojinete se sujeta por sus superficies de junta contra una superficie posterior del

ES 2 273 004 T3

5 útil de ranura, con el interior del cojinete mirando hacia la ranura, siendo generalmente paralelos entre sí el eje del cojinete y la ranura. La solución de galvanoplastia en la que se sumergen el cojinete y el útil de ranura, se rocía a continuación a través de la ranura, hacia el interior del cojinete. De este modo se ha encontrado que se pueden emplear unas densidades de corriente relativamente altas de 2 a 3 A/dm², en comparación con menos de 1 A/dm², cuando el cojinete simplemente se sumerge en la solución de galvanoplastia, sin el rociado. Además, se mejora notablemente la calidad de la capa de estaño depositada, en comparación con la que se produce sin el rociado. El uso de la alta densidad de corriente que permite el perfil de ranura y la técnica de rociado también reducen el tiempo de chapado desde más de 40 minutos a menos de 20 minutos.

10 Una solución de galvanoplastia típica que produzca un recubrimiento de material de estaño/orgánico sobre un cojinete conforme a la presente invención puede tener la siguiente composición:

	Sn ⁺⁺	32-38 g/l
15	SnSO ₄	58-68 g/l
	H ₂ SO ₄	185-210 g/l
	Cu	<50 mg/l
	Cloro	<20 ppm

20 Se han ensayado adiciones de agente nivelador de nonilfenolpoliglicoléter (10-25%) en un vehículo de metanol (2,5-10%), en una gama de 18 a 70 ml/l con la solución especificada anteriormente. En el extremo inferior de la gama, se halló que el grado de nivelación e incremento de dureza era insuficiente, mientras que en el extremo superior de la gama se ha encontrado que había demasiadas tensiones inherentes en el depósito de estaño y se producía agrietamiento. Se encontró que una concentración en la gama de 25 a 55 ml/l dio lugar a un incremento útil de prestaciones del recubrimiento, con un deterioro escaso o aceptable de los requisitos fundamentales de una aleación de recubrimiento, en cuanto a conformabilidad y posibilidad de empotramiento de suciedad. El contenido de pirocatecol fue de 2,5-10% y de tensoactivos anfóteros de 2,5% máximo.

30 Se ha encontrado que el contenido de nivelador tenía un efecto sustancial directamente proporcional para la dureza del depósito de estaño. Ahora bien, se alcanza un límite de contenido de nivelador, después del cual la dureza del depósito de estaño permanece constante, y luego de hecho comienza a disminuir, una vez que se incrementa más el contenido de nivelador. De forma similar, el contenido de nivelador también tiene un efecto proporcional directo sobre la rugosidad de la superficie, una vez que se ha superado el efecto de la rugosidad inicial del sustrato y se haya superado la rugosidad superficial notablemente incrementada del depósito inicial de estaño carente de nivelador.

35 Con el fin de poder entender mejor la presente invención, se describirán a continuación unos ejemplos, únicamente con carácter ilustrativo, haciendo referencia a las figuras que se acompañan, en las cuales:

40 la Figura 1 muestra una sección transversal a través de un cojinete esquemático conforme a la presente invención, mostrando las capas constituyentes;

45 la Figura 2 muestra una vista en planta de una disposición esquemática de un útil de galvanoplastia, estando chapando un cojinete con un material de estaño/orgánico conforme al método de la presente invención;

la Figura 3 muestra un histograma de la pérdida media de espesor del recubrimiento en función del número de apoyos de bancada en un ensayo de motor, comparando los cojinetes conformes a la presente invención y los cojinetes chapados con los recubrimientos conocidos de Pb/In;

50 la Figura 4 muestra un histograma de la pérdida de peso en función del número de apoyo de bancada de los recubrimientos de cojinetes conformes a la presente invención y de cojinetes con chapado convencional de Pb/In, en un ensayo de motor de 3000 horas;

55 la Figura 5 muestra un histograma de la pérdida de volumen de los recubrimientos de cojinetes conformes a la presente invención, y de recubrimientos convencionales de Pb/In y Pb/Sn/Cu, en un ensayo de corrosión en aceite caliente;

60 la Figura 6 muestra un histograma de la resistencia a la fatiga de los cojinetes conformes a la presente invención con un recubrimiento de estaño/material orgánico, y de recubrimientos convencionales de Pb/In y de Pb/Sn/Cu;

la Figura 7 muestra un histograma de la pérdida de volumen de los recubrimientos de los cojinetes conformes a la presente invención, de recubrimientos de Pb/Sn/Cu y de Pb/In;

65 la Figura 8 muestra un gráfico del contenido de nivelador en función de la dureza; y

la Figura 9 muestra un gráfico del contenido de nivelador en función de la rugosidad superficial del depósito sobre un sustrato.

ES 2 273 004 T3

Haciendo ahora referencia a la Figura 1, que muestra una sección transversal de una pequeña parte de un cojinete indicado de forma general por 10, conforme a la presente invención. El cojinete comprende: un material de soporte robusto 12 (del cual se ha representado solamente una parte de su grueso); una capa de un primer material antifricción 14, unido al soporte 12; una capa intermedia 16, y una capa superior 18 de estaño, que incluye un agente nivelador orgánico combinado en la matriz del mismo. La capa de soporte 12 puede ser por ejemplo de acero, pero también puede ser cualquier otro material tal como por ejemplo bronce, si las condiciones de corrosión en la aplicación lo requieren.

La primera capa de material antifricción 14 puede ser cualquiera que sea adecuada, pero en general se elegirá de entre aleaciones a base de cobre o aleaciones a base de aluminio. La capa intermedia 16 está presente para formar una barrera de difusión con el fin de impedir la difusión rápida del estaño del recubrimiento 18 a la capa de aleación antifricción 14, en el caso de aleaciones a base de cobre 14, así como mejorar la adherencia del recubrimiento a la aleación antifricción, en el caso de aleaciones a base de aluminio 14. La capa intermedia generalmente se depositará por electrodeposición, cuando el recubrimiento se deposite de esta manera, y puede comprender una capa de níquel o de otro material adecuado tal como se ha descrito anteriormente. Durante el uso, el cojinete 10 estará sujeto a temperaturas de hasta 160°C. A temperatura de 90°C y superiores, el estaño del recubrimiento reaccionará con el material de la capa intermedia para formar un compuesto intermetálico estable Ni_3Sn_4 , en el caso de que se trate de una capa intermedia de níquel. La velocidad de formación aumenta al aumentar la temperatura. La capa de Ni_3Sn_4 crece a expensas del recubrimiento, pero sin embargo la capa de Ni_3Sn_4 es de por sí un buen material antifricción, con buena compatibilidad con la muñequilla del cigüeñal con la que trabaja (que no está representada), y por lo tanto no presenta ninguna posible amenaza de gripado. El espesor de la capa intermedia 16 generalmente está en la gama entre 1 y 3 μm , y el espesor del recubrimiento 18 generalmente está en la gama de 13 a 18 μm .

La Figura 2 muestra una vista en planta de una disposición esquemática 20 de un aparato de electrogalvanizado para depositar un recubrimiento 18 sobre un cojinete 10. El aparato comprende un útil 22 con dos placas 24, 26, separadas a ambos lados de una ranura 28. El cojinete 10 se mantiene contra las placas 24, 26 por sus superficies de junta 30. El útil 22 se sumerge en un baño (no representado) de una solución de galvanoplastia 32, al igual que un ánodo de estaño 34, generalmente de forma cilíndrica. El cojinete 10 se convierte en el cátodo mediante una conexión eléctrica adecuada (no representada). Un tubo de rociado 36 con orificios 38 está situado verticalmente en el baño, con una relación fija respecto a la ranura 28. La solución de chapado se bombea a través del tubo 36 para salir en forma de chorro, tal como indican las flechas 40, que están dirigidas hacia el interior del cojinete 10, a través de la ranura 28. Aunque no resulta evidente por la Figura 2, el útil 22 es alargado, al igual que el ánodo 34 y el tubo de rociado, y generalmente se están chapando simultáneamente una pila de una multitud de cojinetes 10.

En los resultados de los ensayos que figuran a continuación, el elemento recubrimiento fue depositado sobre la correspondiente aleación antifricción 14 del sustrato relevante, y una capa intermedia 16, de un baño de galvanoplastia con la siguiente composición:

Sn ⁺⁺	32-38 g/l
SnSO ₄	58-68 g/l
H ₂ SO ₄	185-210 g/l
Cu	<50 mg/l
Cloro	<20 ppm

A la solución acuosa anterior se le añadieron agentes nivelantes de nonilfenolpoliglicoléter (10-25%) en un vehículo de metanol (2,5-10%), en un gama de 32 a 35 ml/l.

El material de la capa intermedia 16 fue níquel en todos los casos.

La Figura 3 muestra el resultado de un ensayo de 3000 horas en un motor diesel de camión Volvo (nombre comercial). Los cojinetes de bancada 1 a 4 inclusivos se equiparon con cojinetes conformes a la presente invención, tal como se han descrito anteriormente, mientras que los cojinetes de bancada 5 al 7 inclusivos se equiparon con cojinetes del mismo material y construcción, pero con un recubrimiento convencional de Pb-7In. Como se puede ver en el histograma de la Figura 3, la pérdida de espesor media del recubrimiento para los cojinetes de la presente invención fue inferior al 10% de la del recubrimiento convencional.

La Figura 4 muestra los resultados del ensayo de motor Volvo de 3000 horas de la Figura 3, en términos de pérdida de peso. La pérdida de peso de los cojinetes conformes a la presente invención fue considerablemente inferior a 100 mg en cada uno para los cuatro cojinetes de bancada de los apoyos 1 a 4, mientras que la pérdida de peso de los cojinetes en los apoyos 5 a 7 fue alrededor de 1000 mg cada uno.

La Figura 5 es un histograma que muestra la pérdida de peso de los recubrimientos en aceite caliente (se eligió aceite medicinal blanco, debido a su naturaleza especialmente corrosiva), después de 1000 horas a 120°C, midiéndose la pérdida en mm³. El material de cojinete sobre el cual se hablan depositado los recubrimientos tiene una composición CuSn10, que fue fundida sobre el acero. Los recubrimientos fueron de estaño, igual que en la presente invención, Pb-7In y Pb-10Sn-2Cu. Como se puede ver en la Figura 5, la pérdida de volumen de los recubrimientos en los cojinetes

ES 2 273 004 T3

conformes a la presente invención fue de aproximadamente el 60% de la del recubrimiento de Pb-10Sn-Cu y muy inferior al 10% del recubrimiento de Pb-7In.

La Figura 6 es un histograma que muestra la resistencia a la fatiga de los cojinetes con los recubrimientos especificados. Los cojinetes conformes a la presente invención se ensayaron en dos formas: una, con un espesor de 18 μm , en el extremo superior de la gama de espesores preferida; y la segunda con un espesor de 14 μm , en el extremo inferior de la gama de espesores preferidos. El espesor de los recubrimientos conformes al arte anterior, Pb-Sn-2Cu y Pb-7In, fue de 15-16 μm . Tal como se puede ver en la Figura 6, la resistencia a la fatiga de los cojinetes conformes a la presente invención fue considerablemente superior a la de los cojinetes del arte anterior.

La Figura 7 es un histograma mostrando los resultados de un ensayo de desgaste, indicando la pérdida de volumen del recubrimiento en los cojinetes conformes a la presente invención, comparada con los recubrimientos convencionales, tal como se han descrito anteriormente. Las condiciones del ensayo fueron: temperatura 120°; carga 8 kg; velocidad 500 rpm; duración 10 minutos; y un flujo constante de aceite 10W a razón de 600 ml/min. Tal como se puede ver por la Figura 7, la pérdida de volumen de los recubrimientos conformes a la presente invención es inferior al 50% de los Pb-10Sn-2Cu e inferior al 40% de la del Pb-7In.

También se llevaron a cabo ensayos de resistencia a la cavitación de los recubrimientos antifricción conformes a la presente invención. En estos ensayos, la pérdida de peso del recubrimiento de estaño del cojinete objeto de la invención fue de 9 mg, mientras que la pérdida de peso de un recubrimiento Pb-7In fue de 37 mg, en idénticas condiciones.

La Figura 8 muestra el efecto del contenido nivelador en el baño de chapado, sobre la dureza del depósito de estaño. Se puede ver que la dureza aumenta en función lineal al aumentar el contenido de nivelador, que fue el mismo que el descrito en el ejemplo anterior.

La Figura 9 muestra el efecto del contenido de nivelador sobre la rugosidad superficial del depósito de estaño. Para contenidos bajos de nivelador, menores de aproximadamente 2 ml/l de nivelador, la alta dureza es consecuencia de la rugosidad superficial del sustrato, que fue de Ra 0,44, y el efecto de la aspereza dada por el depósito de estaño inicial, sustancialmente exento de nivelador. Una vez que el efecto del nivelador fue tal que la rugosidad superficial se igualaba a la del sustrato, entonces las cantidades superiores de nivelador fueron directamente proporcionales a la rugosidad superficial.

Por lo tanto, unos contenidos relativamente bajos de nivelador dieron un notable efecto de endurecimiento y alisamiento de la rugosidad superficial de los recubrimientos de estaño objeto de la presente invención.

Por lo tanto se puede ver que las prestaciones de los recubrimientos sobre cojinetes conforme a la presente invención son notablemente superiores a los mejores recubrimientos convencionales depositados por electrodeposición. En aquellos casos en que el recubrimiento se deposita sobre un material antifricción exento de plomo 14, el cojinete objeto de la presente invención proporciona un cojinete totalmente exento de plomo, que satisface la futura legislación relativa a la eliminación de plomo de los vehículos.

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para fabricar un cojinete de fricción que comprende un material de soporte robusto con una capa de un primer material antifricción sobre el mismo, sobre el cual se aplica un material de capa intermedia para actuar como barrera de difusión, comprendiendo el método los pasos de: sumergir dicho cojinete de fricción en una solución de galvanoplastia que tenga un suministro de iones de estaño, y que dicha solución contenga un agente nivelador orgánico; convertir dicho cojinete de fricción en cátodo respecto a un ánodo en dicha solución; y depositando un recubrimiento de estaño, salvo impurezas inevitables, sobre la superficie de dicho primer material antifricción, teniendo dicho recubrimiento de estaño también el agente nivelador orgánico incluido en una matriz del mismo, **caracterizado** porque el agente nivelador orgánico es uno de nonilfenolpoliglicoléter y pirocatecol.

2. Un método conforme a la reivindicación 1, **caracterizado** porque la capa intermedia está elegida del grupo que comprende: níquel, cobalto, cobre, plata, hierro y aleaciones de éstos.

15 3. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la solución de galvanoplastia tiene la siguiente composición:

20	Sn ⁺⁺	32-38 g/l
	SnSO ₄	58-68 g/l
	H ₂ SO ₄	185-210 g/l
	Cu	<50 mg/l
25	Cloro	<20 partes por millón (ppm), y

un agente nivelador orgánico, que es nonilfenilpoliglicoléter en un vehículo de metanol, en la gama de 25-55 ml/l.

30 4. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el recubrimiento se deposita en un aparato con útil de ranura.

5. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la solución de galvanoplastia se rocía a través de la ranura hacia el interior del cojinete.

35 6. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la densidad de corriente de chapado está dentro de la gama de 2 a 3 A/dm².

40

45

50

55

60

65

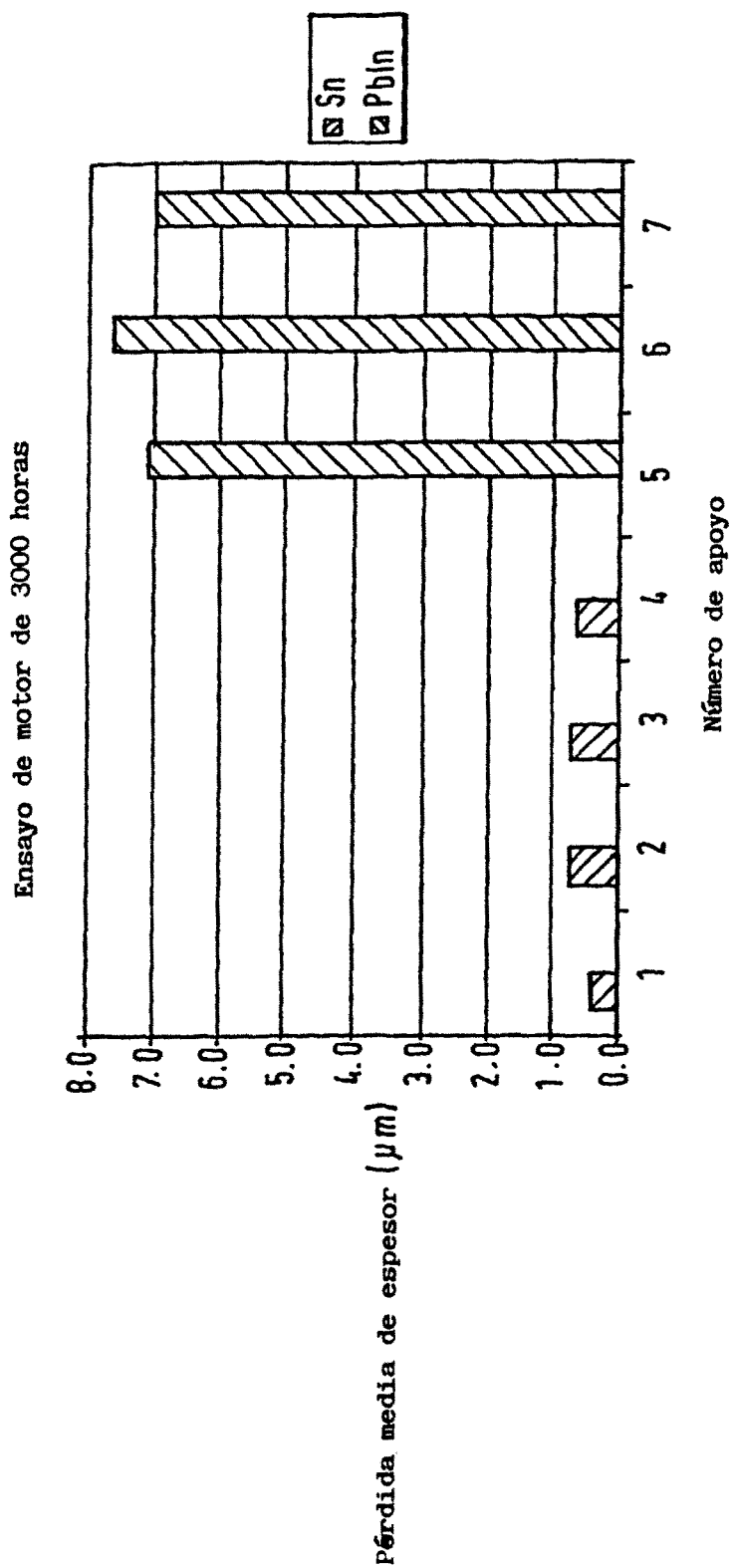


Fig.3.

Pérdida de peso de los cojinetes de bancada después de 3000 hr.

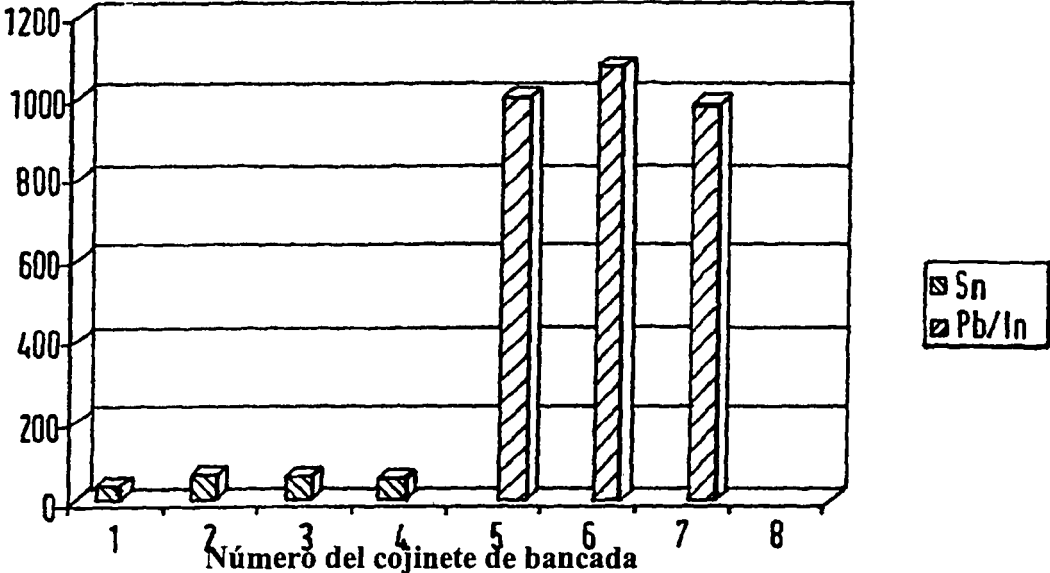


Fig.4.

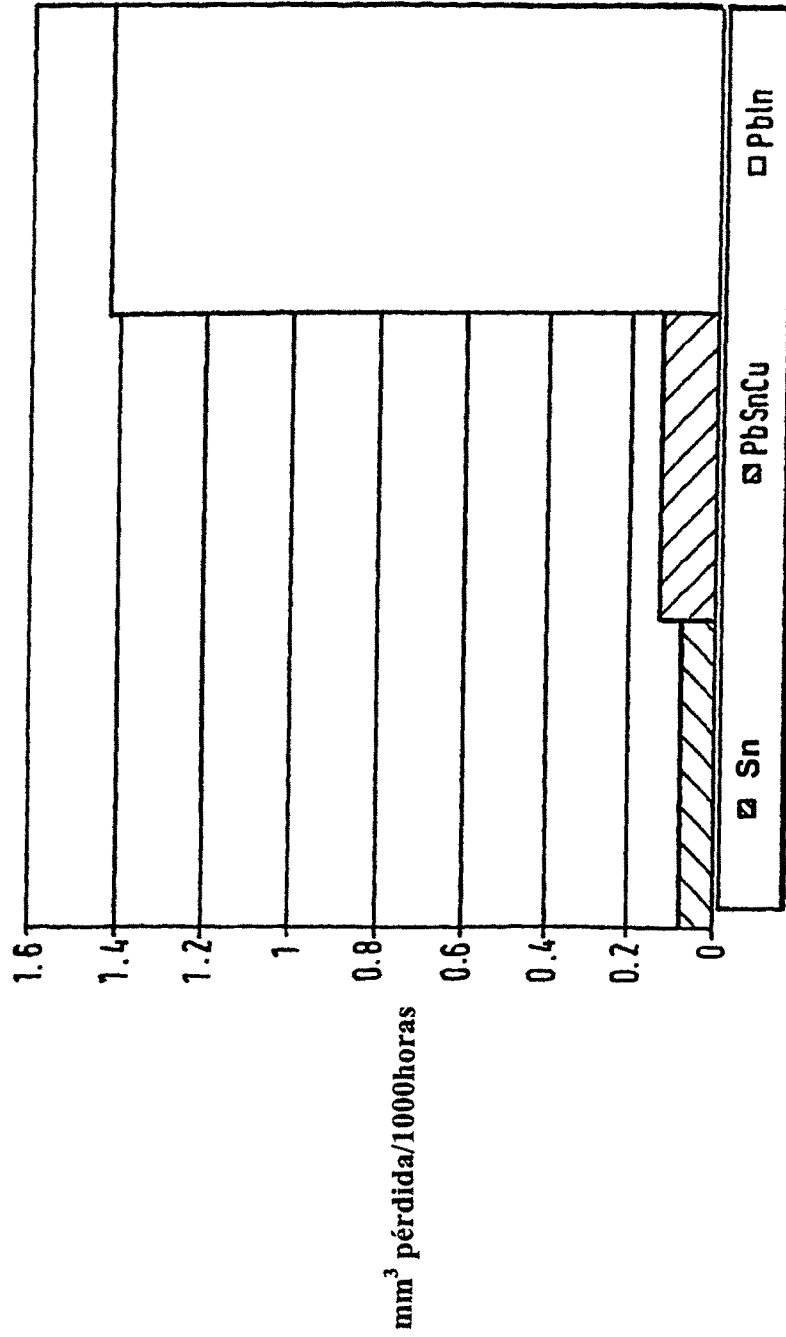


Fig.5.

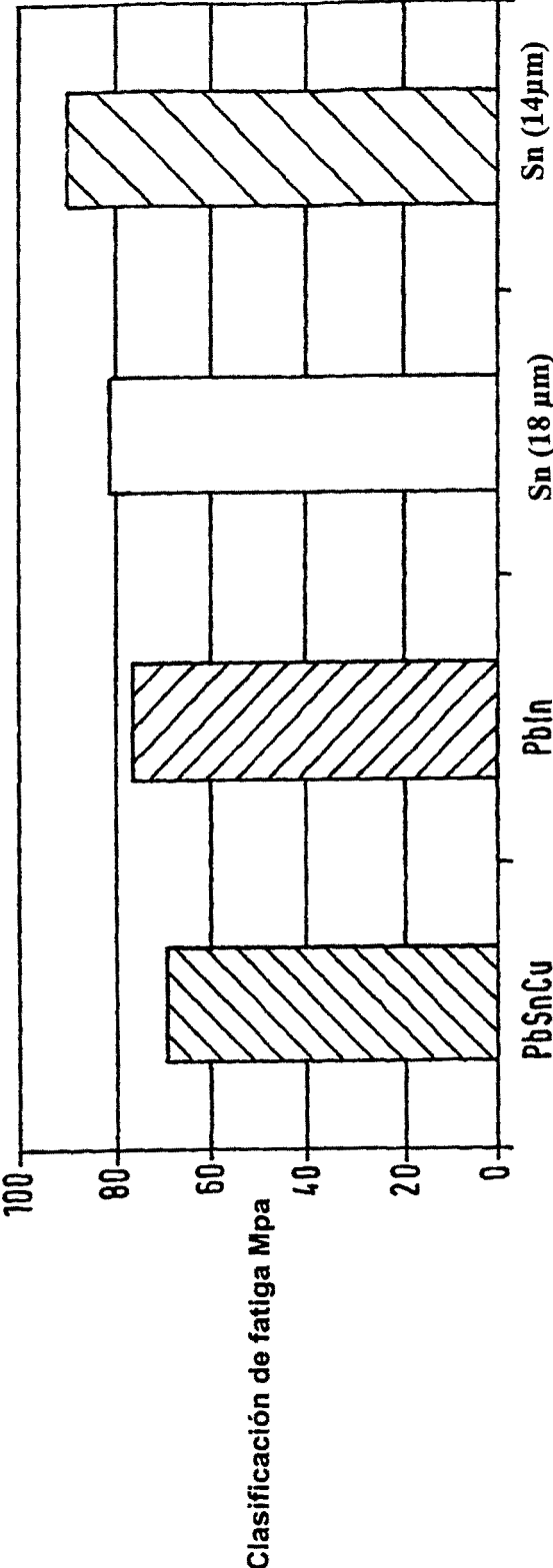


Fig.6.

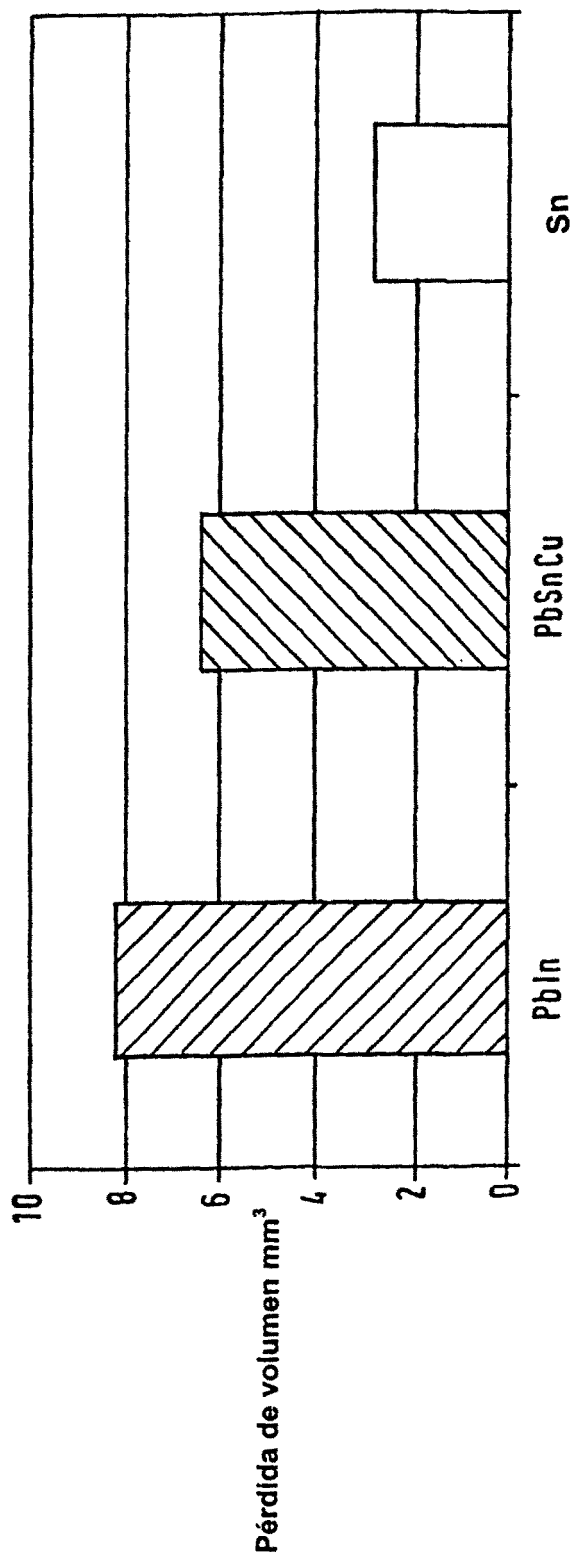


Fig.7.

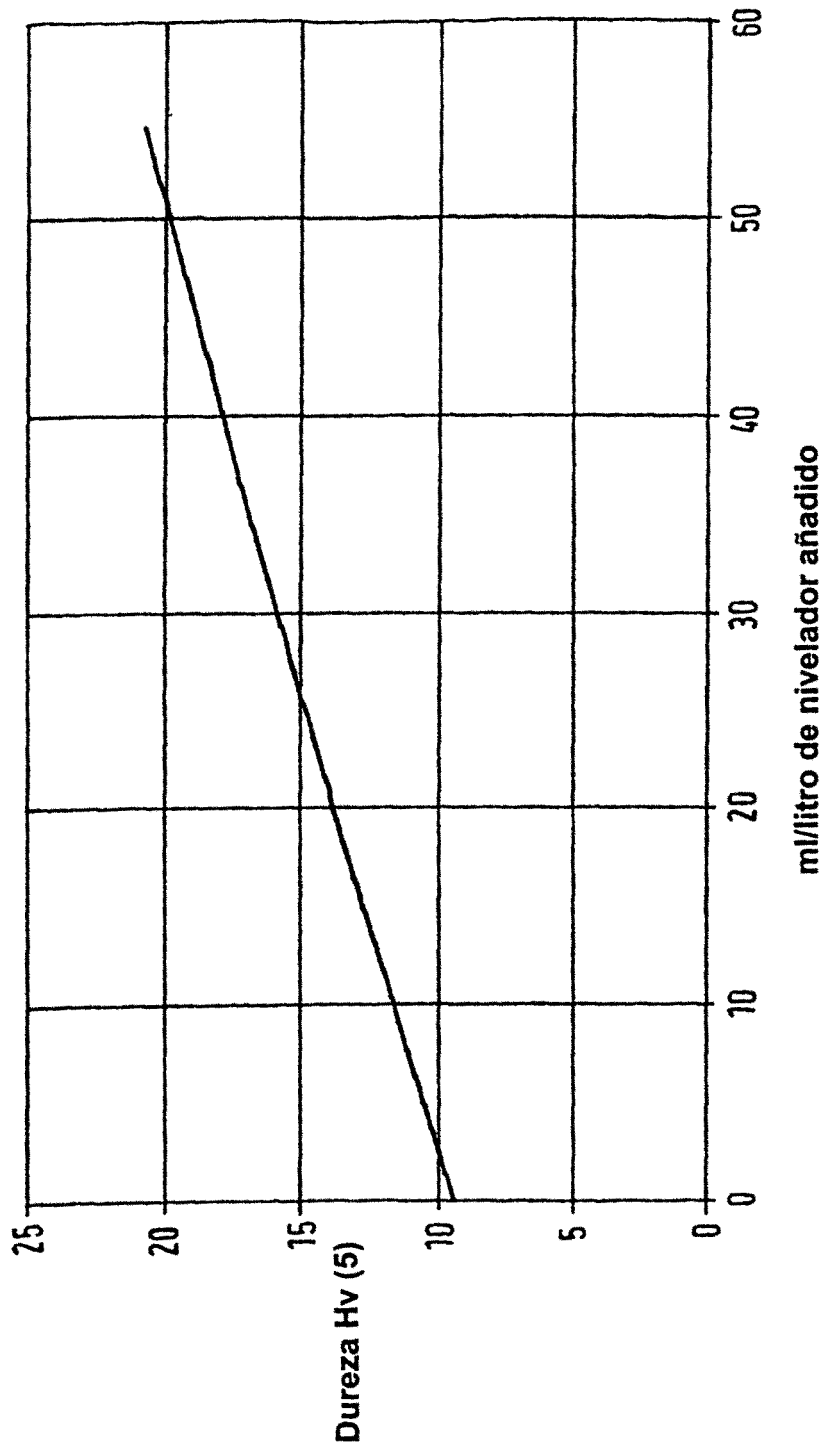


Fig.8.

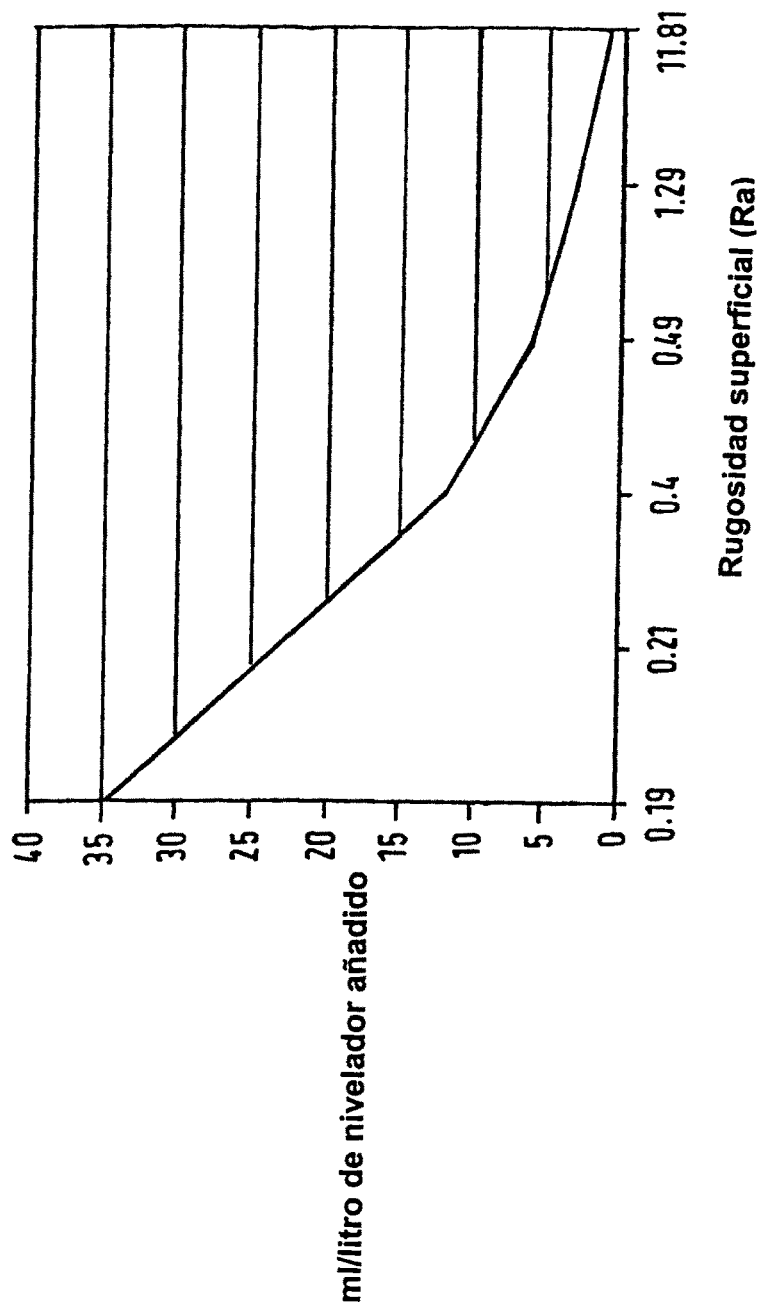


Fig.9.