

419759



F16C11 C22C

F.C. 5-3-76

Nº 419.759.

## MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de concesión de una

### PATENTE DE INVENCION

SOLICITANTE: E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

RESIDENCIA: WILMINGTON, Delaware 19898, USA.-

ENUNCIADO: UN SISTEMA MECANICO METALICO QUE COM  
PRENDE DOS SUPERFICIES OPUESTAS MANTENI  
DAS ENTRE SI EN CONTACTO DE FRICCION.

Prioridad: Patente estadounidense, nº 298.838 del 19.10.72.



RESUMEN DE LA INVENCION

1 Un sistema mecánico mejorado que comprende un primer  
componente que presenta una superficie de aluminio, un segun-  
do componente que presenta una segunda superficie capaz de  
5 estar en contacto de rozamiento con la superficie de aluminio  
y medios para inducir y mantener las dos superficies en contac-  
to de rozamiento entre sí, por ejemplo un sistema mecánico de  
pistón-cilindro accionado hidráulicamente, consistiendo la me-  
jora en emplear como segunda superficie una superficie metáli-  
ca constituida por una aleación que contiene como mínimo 60  
10 átomos por ciento de por lo menos dos elementos metálicos pe-  
sados de transición, siendo la relación entre los radios ató-  
micos de los elementos de transición más grandes y de los elemen-  
tos de transición más pequeños de 1,05-1,68 y estando consti-  
15 tuída por 10-100 % en volumen de una fase dura y 0-90 % en  
volumen de una fase de matriz que es más blanda que la fase  
dura, conteniendo dicha fase dura una fracción mayoritaria de  
fase de laves en una proporción tal que constituye por lo me-  
nos el 10 % del volumen de la aleación.

20 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

Esta invención se refiere a sistemas mecánicos metá-  
licos que comprenden dos superficies opuestas mantenidas en-  
tre sí en contacto de fricción.

25 2. Descripción de la técnica anterior

El aluminio y muchas de sus aleaciones presentan  
un mal comportamiento de rozamiento o fricción entre sí y con  
otros metales. Esto puede ser atribuido al hecho de que el  
aluminio tiene una gran energía superficial y gran tendencia  
30 a alearse, lo que le permite combinarse fácilmente con otros

419759



1 metales. Además, como es blando y dúctil y sus cristales con-  
tienen un gran número de sistemas deslizantes, pueden produ-  
cirse grandes superficies de contacto, aumentando así la ten-  
dencia a la soldadura y al flujo superficial. Aunque frecuen-  
5 temente las superficies de aluminio están cubiertas de una  
capa de óxido y se sabe que las capas de óxido constituyen  
un factor importante en la prevención de los daños superfi-  
ciales por fricción o rozamiento, la película de óxido de alu-  
minio es dura y frágil y, al encontrarse sobre un substrato  
10 blando, es fácilmente fracturada. Tan pronto como se rompe  
la película de óxido adherente y protectora, puede producir-  
se la soldadura y la sinterización en frío del metal deslizan-  
te expuesto. Incluso bajo condiciones de lubricación, las su-  
perficies metálicas en contacto de rozamiento se caracterizan  
15 por un frecuente contacto de metal a metal a través de la pe-  
lícula de lubricante. El aluminio y sus aleaciones son espe-  
cialmente susceptibles a agarrarse o a sufrir daños superfi-  
ciales, habitualmente con transferencia de metal, bajo estas  
circunstancias.

20 Debido a su mal comportamiento frente a la fricción,  
el aluminio no se ha utilizado ampliamente en máquinas y en  
sistemas que soportan cargas en los que uno o más componentes  
de aluminio están en contacto de rozamiento con otros compo-  
nentes, incluso bajo condiciones de lubricación de las capas  
25 límites. Este uso del aluminio sería interesante debido a su  
peso ligero y a su precio relativamente bajo. En muchas apli-  
caciones en las que se utiliza aluminio, se emplean revesti-  
mientos o forros protectores, siendo el revestimiento o fo-  
rro un metal no expuesto a los defectos antes mencionados.  
30 Por ejemplo, en una bomba giratoria del tipo de álabe desli-

419759



1 zante o del tipo de dos o tres lóbulos, se utiliza un forro  
o revestimiento en el interior del cilindro para evitar el  
agarre del aluminio, el desgaste rápido del aluminio que des-  
truye los contactos eficaces de cierre hermético y la adhesión  
5 de las piezas giratorias por transferencia de metales.

COMPENDIO DE LA INVENCION

Un objeto de esta invención es proporcionar un siste-  
ma mecánico provisto de superficies de contacto opuestas, una  
de las cuales es de aluminio y medios para mover las superfi-  
10 cias a fricción. Otro objeto es proporcionar un sistema de  
este tipo en el que el movimiento de las superficies puede  
llevarse a cabo bajo condiciones de lubricación de las capas  
límites. Otro objeto es proporcionar un sistema mecánico a ba-  
se de aluminio provisto de superficies opuestas susceptibles  
15 de moverse a fricción, en cuyo sistema no es necesario un fo-  
rro o revestimiento de la superficie a base de aluminio. En  
resumen, estos y otros objetos se consiguen mediante una mejo-  
ra en un sistema capaz de actuar mecánicamente, que comprende  
un primer componente que presenta una superficie de aluminio,  
20 un segundo componente que presenta una segunda superficie des-  
tinada a establecer un contacto de rozamiento repetido con la  
superficie de aluminio y medios para inducir y mantener la  
superficie de aluminio y la segunda superficie en una rela-  
ción de rozamiento entre sí durante la operación del sistema,  
25 consistiendo la mejora en proporcionar una segunda superficie  
que es una superficie metálica constituida por una aleación  
que contiene como mínimo 60 átomos por ciento de por lo menos  
2 elementos metálicos pesados de transición, siendo la rela-  
ción entre los radios atómicos de los elementos metálicos pe-  
30 sados de transición más grandes y los de los más pequeños del

419759



1 orden de 1,05 a 1,68 y estando constituida por 10-100 % en  
volumen de una fase dura y 0-90 % en volumen de una fase de  
matriz que es más blanda que la fase dura, conteniendo dicha  
5 fase dura una fracción mayoritaria de fase de Iaves en una  
cantidad tal que constituya por lo menos el 10 % en volumen  
de la aleación.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

10 Se ha encontrado que cuando una superficie de un  
metal a base de aluminio se encuentra en contacto de rozamien-  
to con una superficie que comprende una aleación como la de-  
finida aquí, el metal a base de aluminio experimenta poco  
desgaste y poco daño superficial. En muchos casos, el coefi-  
ciente de fricción del metal a base de aluminio contra di-  
15 chas aleaciones es sorprendentemente bajo, con frecuencia tan  
bajo como el de los metales de asiento convencionales. Esta  
invención es aplicable a una amplia variedad de sistemas me-  
cánicos caracterizados por dos o más componentes que duran-  
te la operación del sistema entran en contacto de rozamien-  
to repetido, especialmente cuando existen en la zona de con-  
20 tacto unas condiciones de lubricación de las capas límites.  
La lubricación de las capas límites puede existir cuando las  
velocidades de rozamiento son tan bajas y las presiones de  
contacto son tan altas que es físicamente imposible la exis-  
tencia de cuñas hidrodinámicas de lubricante soportadoras de  
25 carga. El contacto de rozamiento puede existir cuando se ha-  
ce rodar un rodillo provisto de una carga sobre una superfi-  
cie de apoyo.

30 En la descripción que sigue, la superficie a base  
de aluminio y la superficie a base de aleación en contacto  
móvil u operante entre sí son denominadas "pares de roza-

419759



1 miento". De acuerdo con esta invención, cada par de rozamien  
to comprende aluminio, es decir aluminio o una de sus alea-  
ciones, como una de sus superficies y una aleación, definida  
más adelante, como otra superficie. Cada componente puede  
5 ser móvil o estar fijado en su sitio siempre que por lo me-  
nos uno de los componentes de cada par sea móvil, es decir,  
capaz de moverse en contacto de rozamiento con el otro. El  
mantenimiento del movimiento entre las superficies puede rea-  
lizarse por diversos medios. Entre estos se encuentran los  
10 que proporcionan un contacto de rozamiento intermitente cro-  
nometrado entre las superficies de dos componentes cooperan-  
tes móviles; los que pueden proporcionar un contacto de ro-  
zamiento oscilante o alternativo entre dos componentes, de  
los cuales puede ser móvil solamente uno y los que pueden  
15 proporcionar un contacto de rozamiento entre una superficie  
que realiza un movimiento circular repetido con rozamiento  
a lo largo de la otra superficie.

De acuerdo con esta invención, la superficie a ba-  
se de aleación en el sistema mecánico puede ser proporciona-  
20 da por cualquier forma adecuada y conveniente conocida. Por  
ejemplo, puede ser la superficie de un componente cuyo único  
constituyente es la aleación. Puede ser una capa de aleación  
preformada independiente unida mecánicamente a una superficie  
subyacente o encolada a la misma por técnicas conocidas. Pue-  
25 de obtenerse por difusión térmica de la aleación sobre el  
componente de base por técnicas conocidas, por ejemplo como  
se describe en la patente estadounidense 3.331.700. Otros  
procedimientos conocidos para obtener la superficie a base  
30 de aleación incluyen la colocación de una capa de acabado por  
soldadura, pulverización en arco de plasma, metalurgia en

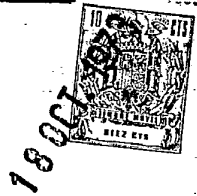
419759



1 polvo y colada. Las superficies de las aleaciones que contie  
nen la fase de Laves deben ser suficientemente profundas para  
dar lugar al desgaste aceptable en el sistema mecánico en el  
que se utiliza. Como revestimiento, este espesor habitual-  
5 mente es de 0,001 a 0,40" (0,025 a 10,16 mm), según el tama-  
ño del sistema mecánico en uso y preferiblemente de 0,002 a  
0,03" (0,051 a 0,76 mm). Las sobrecapas sujetas por soldadu-  
ra o unión mecánica habitualmente tienen un espesor de 0,125  
pulgadas (3,175 mm) como mínimo.

10 Es esencial que la composición de la aleación de la  
superficie que se encuentra en contacto de rozamiento con el  
metal a base de aluminio comprenda una fase dura que contenga  
una cantidad mayoritaria de una fase de Laves, como se ha in-  
dicado anteriormente. En la mayoría de las aleaciones que com-  
15 prenden una fase dura y una fase blanda, la fase dura es prác-  
ticamente en su totalidad una fase de Laves. En algunas alea-  
ciones, la fase dura contiene una fracción mayoritaria, es de-  
cir superior al 50 % en volumen, de fase de Laves y una frac-  
ción minoritaria, es decir inferior al 50 % en volumen, de  
20 otra fase dura que acompaña a la fase de Laves, frecuentemente  
circundándola. Por ejemplo, en ciertas aleaciones constituí-  
das esencialmente por Co, Mo, Si y Cr, especialmente cuando  
el contenido de Cr es por lo menos del 12 % en peso, la fase  
de Laves está rodeada por otra fase dura. La fase circundante  
25 se encuentra como fracción minoritaria, habitualmente infe-  
rior al 25 % en volumen, de la fase dura. Una fase de Laves  
contiene uno o más constituyentes metalográficos que presen-  
tan la estructura cristalina  $C_{14}$  (hexagonal),  $C_{15}$  (cúbica) o  
30  $C_{36}$  (hexagonal), como se describe en la obra "International  
Tables for X-Ray Crystallography", Symmetry Groups N.F.M. Hen-

419759



1 ry y K. Lonsdale, International Union of Crystallography,  
 Kynoch Press, Birmingham, Inglaterra (1952). Los prototipos  
 de las estructuras cristalinas de la fase de Laves son, res-  
 5 pectivamente,  $MgZn_2$ ,  $MgCu_2$  y  $MgNi_2$ . Estas estructuras fásicas  
 son estructuras cristalinas únicas que permiten la ocupación  
 del espacio más completa por ensamblaje de dos tamaños de es-  
 feras. Fundamentalmente, la fase de Laves puede ser represen-  
 tada por la fórmula  $AB_2$ , ocupando los átomos grandes A cier-  
 10 tas series de centros cristalográficos y ocupando los átomos  
 pequeños B otros centros, donde la relación de los radios ató-  
 micos A:B está comprendida entre 1,05 y 1,68. Las fases de  
 Laves aparecen como fases intermedias en numerosos sistemas  
 de aleaciones. Las fases de Laves generalmente presentan un  
 15 intervalo de homogeneidad, es decir, pueden presentar una  
 cualquiera de una gama de composiciones elementales al mismo  
 tiempo que mantienen su estructura cristalina característica.  
 La relación atómica B:A puede oscilar entre ligeramente menos  
 y ligeramente más de 2, posiblemente como resultado de algu-  
 20 nos centros vacantes en la estructura cristalina. Asimismo,  
 más de una clase de átomos puede ocupar los centros de átomos  
 grandes, los centros de átomos pequeños o ambos. Estas fases  
 de Laves pueden ser representadas estequiométricamente por la  
 fórmula  $(A_{1-x}C_x)(B_{1-y}D_y)_2$ , donde C representa los átomos de  
 25 una o más clases que sustituyen a los átomos grandes, D re-  
 presenta los átomos de una o más clases que sustituyen a los  
 átomos pequeños, de la fórmula binaria de Laves  $AB_2$  y  $x$  e  $y$   
 tienen valores comprendidos entre 0 y 1.

30 Una aleación, en el sentido en que se utiliza aquí  
 este término, es una sustancia con propiedades metálicas, que  
 contiene en su composición elemental dos o más elementos quí

419759



1 micos de los que por lo menos dos son metales; también pue-  
 den encontrarse presentes otros elementos. Un elemento metá-  
 lico pesado de transición es un metal seleccionado entre el  
 grupo formado por Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Mn,  
 5 Re, Cr, Mo, W, U, V, Nb, Ta, Ti, Zr, Hf, Th, Sc, Y, La, Zr y  
 Ce.

En la técnica anterior se han descrito numerosas fa-  
 ses de Laves binarias y superiores que son adecuadas para los  
 fines de esta invención y que contienen por lo menos dos me-  
 10 tales de transición pesados. Por ejemplo, se encuentran fa-  
 ses de Laves binarias y ternarias en el capítulo "Alloy Chemis-  
 try of Transition Elements", M.V. Nevitt, págs. 101-178, es-  
 pecialmente en las Tablas XIII y XIV, que aparece en la obra  
 "Electronic Structure and Alloy Chemistry of the Transition  
 15 Elements", P.A. Beck, Interscience - Wiley, New York, N.Y.,  
 1963. Las aleaciones típicas constituidas en gran parte o por  
 completo por fases de Laves ternarias y superiores están des-  
 critas en la Tabla I.

TABLA I  
Aleaciones

20	$Ti_{30}Mn_{50}Si_{14}$	$Mo_2Ni_3Si$
	$TiFeSi$	$MoCoSi$
	$Ti_2Ni_3Si$	$Mo_2Co_3Si$
25	$V_4Co_5Si_3$	$Mo_{25}Mn_{47,5}Si_{27,5}$
	$V_4Ni_5Si_3$	$W_2Mn_3Si$
	$Nb_3Cr_5Si_2$	$WFeSi$
	$Nb_2Ni_3Si$	$W_{40}Fe_{50}Si_{10}$
	$Ta(Cr,Co)_2$	$WCoSi$
30	$Ta(Cr,Cu)_2$	$W_2Co_3Si$



419759



1 mezcla de una solución sólida y dichos compuestos intermetá-  
 licos. Debe ser más blanda que la fase dura y, en general,  
 su dureza Knoop no debe ser superior a alrededor del 50 % de  
 5 la dureza de la fase dura. Las fases de matriz metálica pre-  
 feridas presentan una dureza Knoop de 350-750.

Las aleaciones a base de cobalto útiles en esta in-  
 vención y conteniendo la cantidad requerida de fase dura (in-  
 cluída la de Laves) son las descritas en las patentes estado-  
 unidenses 3.180.012 y 3.410.732. Las aleaciones que contienen  
 10 silicio y por lo menos dos elementos pesados de transición  
 seleccionados entre el grupo formado por Mo, Co, W, Ni y Cr  
 incluyen las descritas en la patente estadounidense número  
 3.361.560.

Otras aleaciones duras, que contienen prácticamente  
 15 un 100 % de fase de Laves y son útiles en esta invención in-  
 cluyen las descritas en las Tablas II y III (prefiriéndose  
 las de esta última), donde las cantidades de los elementos  
 están expresadas en porcentaje en peso y las cantidades de  
 las fases duras están expresadas en porcentaje en volumen.

20

TABLA II

Co	Ni	Mo	Si	Fe	Mn	Otros	Fase dura
		52	18	30			70
		36		46		18 Ge	50
	10	36	18	36			60
			15		58	27 Ta	35
	45		15			40 Nb	28
	38		10			52 Ta	35
	60		10			30 Ti	25
	45	48	7				aprox.100
	32	52	16				aprox. 100

25

30

419759

419759

TABLA III

Co	Ni	Mo	W	Si	Cr	C	Dureza Knoop		Matriz
							Fase dura	Fase dura	
59,7		27,9		4,0	7,9	0,5	60	1481	569
57,6		27,8		2,0	12,0	(1)	40	920	450
62,0		28,0		2,0	8,0	(2)	40	1481	735
70		28,		2			20	1039	(3)
65		25		10			50	1039	(3)
65		29		6			50	1039	(3)
65		33		2			50	1039	(3)
60		30		10			58	1220	(3)
60		34		6			65	950	(3)
60		38		2			50	1039	(3)
55		35		10			65	1231	(3)
55		39		6			78	1200	(3)
55		41		4			85	954	(3)
55		43		2			75	900	(3)
50		48		2			76	1443	(3)
	55	35		10			65	824	316
	53	35		3	9		55	1170	370
	40		51	9			45	-	-
40			45	15			35	-	-
50		44		6			75	-	-
	58	35		7			80	-	-

(1) 0,6 de Mn en lugar de carbono

(2) 0,01 de B y 0,2 de Zr en lugar de carbono

(3) menor que la de la fase dura; generalmente, 350-750.

4197591

TABLA III

1

5

10

15

20

25

30

Co	Ni	Mo	W	Si	Cr	C
59,7		27,9		4,0	7,9	0,5
57,6		27,8		2,0	12,0	(1)
62,0		28,0		2,0	8,0	(2)
70		28,		2		
65		25		10		
65		29		6		
65		33		2		
60		30		10		
60		34		6		
60		38		2		
55		35		10		
55		39		6		
55		41		4		
55		43		2		
50		48		2		
	55	35		10		
	53	35		3	9	
	40		51	9		
40			45	15		
50		44		6		
	58	35		7		

(1) 0,6 de Mn en lugar de carbono

(2) 0,01 de B y 0,2 de Zr en lugar de carbono

(3) menor que la de la fase dura; generalmente, 350-750.



419759 18001

TABLA III

Si	Cr	C	Fase dura	Dureza Knoop	
				Fase dura	Matriz
4,0	7,9	0,5	60	1481	569
2,0	12,0	(1)	40	920	450
2,0	8,0	(2)	40	1481	735
2			20	1039	(3)
0			50	1039	(3)
6			50	1039	(3)
2			50	1039	(3)
0			58	1220	(3)
6			65	950	(3)
2			50	1039	(3)
0			65	1231	(3)
6			78	1200	(3)
4			85	954	(3)
2			75	900	(3)
2			76	1443	(3)
0			65	824	316
3	9		55	1170	370
9			45	-	-
5			35	-	-
6			75	-	-
7			80	-	-

bono  
mente, 350-750.

419759



1                    La superficie a base de aleación puede estar consti-  
tuída en un 100 % por la aleación definida o puede ser una  
mezcla de la aleación y un ligante que liga la aleación sin  
destruir su fase de Laves. Los ligantes pueden ser inertes,  
5                    es decir no reaccionan, frente a la fase de laves de las alea-  
ciones que ligan y pueden ser más blandos que dicha fase.  
También deben ser inertes frente a la superficie a base de  
aluminio del par de rozamiento, Los ligantes pueden seleccio-  
narse entre los metales y las resinas. Los metales pueden es-  
10                    tar seleccionados entre los elementos metálicos pesados de  
transición, Cu, Ag y Au, así como entre las aleaciones de es-  
tos metales. Los metales ligantes típicos son el níquel, co-  
balto, hierro, bronce y aleaciones férreas seleccionadas. En-  
tre las resinas se encuentran las resinas fenólicas y las re-  
15                    sinas esencialmente lineales con una temperatura de transi-  
ción de segundo orden (determinada mediante la representación  
gráfica del módulo de flexión frente a la temperatura) de  
250°C como mínimo y un módulo a la temperatura ambiente de  
300.000 psi (21.100 kg/cm<sup>2</sup>) como mínimo; por ejemplo: resinas  
20                    de fenol-formaldehido, poli-imidas aromáticas, poliamidas aro-  
máticas, policetonas aromáticas, politiazoles aromáticos y  
polibenzotriazoles. Los ligantes pueden constituir hasta el  
90 % de la mezcla de ligante/aleación.

25                    La superficie a base de aluminio que está en con-  
tacto con la superficie antes descrita que contiene la fase  
de Laves, contiene generalmente un 84 % de aluminio como mí-  
nimo. Puede ser de aluminio solo, por ejemplo contener más  
del 99 % de aluminio o puede ser de una aleación de aluminio  
y otro u otros elementos; los elementos de la aleación pueden  
30                    ser Mg, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Ti y Si. Preferiblemente, su con-

419759



1800

1      tenido de aluminio es del 92 % como mínimo. Las aleaciones de  
aluminio útiles incluyen las denominadas como sigue por la  
American Society for Metals, cuyas composiciones se dan en-  
tre paréntesis (si no se indica, Al es el resto hasta 100 %):  
5      aleación 1000 (más de 99,6 % de Al); 2024 (4,5 % Cu, 1,5 %  
Mg, 0,6 % Mn); 2218 (4 % Cu, 2 % Ni, 1,5 % Mg); 4032 (12,5 %  
Si, 1 % Mg, 0,9 % Cu, 0,9 % Ni); 5154 (3,5 % Mg, 0,25 % Cr);  
6061 (1 % Mg, 0,6 % Si, 0,25 % Cu, 0,25%Cr); Al3 (12 % Si);  
Al32 (12 % Si, 2,5 % Ni, 1,2 % Mg, 0,8 % Cu); y 40E (5,5 %  
10     Zn, 0,6 % Mg, 0,5 % Cr, 0,2 % Ti). Las aleaciones preferidas  
son la 1000, 2024, 2218 y 40E, así como la 5456 (5 % Mg,  
0,7 % Mn, 0,15 % Cu, 0,15 % Cr); 142 (4 % Cu, 2 % Ni, 1,5 %  
Mg); y 195 (4,5 % Cu). Se prefiere especialmente la aleación  
2024.

15                   También puede utilizarse en esta invención, como  
superficie a base de aluminio, el aluminio anodizado. La pro-  
fundidad de la capa anodizada se determina fácilmente por en-  
sayo y típicamente está comprendida entre 90 y 2000 micropul-  
gadas (0,228 a 50,800 micras); en general, está comprendida  
20     entre 300 y 1200 micropulgadas (7,62 y 30,48 micras).

Los sistemas mecánicos de esta invención que con-  
tienen dos superficies opuestas pueden ser utilizados en mu-  
chos casos en ausencia de un agente lubricante; en otras pa-  
labras, son autolubricantes. Son ejemplos de este tipo de  
25     aplicación una válvula de control del aire en la que el aire  
no debe entrar en contacto con ningún lubricante y una válvu-  
la de Corliss o deslizante para el funcionamiento de un motor  
de vapor de agua.

30                   Los sistemas mecánicos de esta invención también  
pueden funcionar en presencia de fluidos no lubricantes, como

419759



1      agua, vapor de agua húmedo u otros medios fluídos, a los que  
puede estar expuesto el par de rozamiento, por ejemplo las  
bombas giratorias para bombear agua caliente o un fluído hi-  
dráulico y un sistema que emplea el contacto de rozamiento  
5      del vástago de una contrapunta a lo largo de una guía cir-  
cundante.

10      Cuando un sistema mecánico de esta invención fun-  
ciona con un fluído lubricante bajo condiciones de lubrica-  
ción de las capas límites, proporciona una duración en ser-  
vicio muy superior a la que se obtiene habitualmente en este  
campo.

15      El par de rozamiento, es decir, el sistema mecáni-  
co de esta invención en funcionamiento, puede adoptar la for-  
ma de un contacto alargado a través de la dirección del des-  
lizamiento, cuyo contacto separa dos masas de fluído. Este  
contacto existe entre un cilindro y un pistón cerrado o un  
segmento de pistón destinado a deslizarse sobre un eje  
común. También puede encontrarse en las bombas giratorias de  
20      los tipos de álabe, de dos lóbulos y de tres lóbulos, entre  
los interiores de los cilindros curvados y las levas de cie-  
rra sobre las piezas giratorias. Estas bombas comprenden unos  
sistemas de álabes deslizantes giratorios, unos sistemas de  
dos lóbulos que giran en sentido contrario y unos sistemas  
de tres lóbulos que giran en sentido contrario. Los pares de  
25      rozamiento que se obtienen mediante esta invención pueden  
ser utilizados en dispositivos giratorios impulsados por aire  
o por líquidos para convertir la energía fluída en potencia  
mecánica. Esta invención proporciona una alternativa al uso  
de superficies de rozamiento en estos sistemas mecánicos que  
30      antes de ahora estaban constituídos por materiales o cilin-

419759



180

1 dros de aluminio que no se agarraba, protegidos por forros  
 de materiales que no se agarran. Los pares de rozamiento que  
 se obtienen mediante esta invención conservan su capacidad  
 para mantener la separación de las masas fluídas sin que el  
 5 aluminio se agarre o se desgaste rápidamente. Esta invención  
 permite simplificar los diseños de las bombas, aumenta la ga-  
 ma de materiales útiles seleccionables, especialmente de ma-  
 teriales más ligeros y reduce los costes de construcción.

10 En los siguientes ejemplos, los porcentajes se dan  
 en peso salvo indicación en contrario.

EJEMPLO 1

Comportamiento con un aceite lubricante

15 En este ejemplo se determina el contacto de roza-  
 miento bajo condiciones de lubricación de las capas límite  
 entre la superficie de contacto. Se maquinan unos pernos de  
 0,375 pulgadas (9,525 mm) de diámetro, con extremos planos  
 pulidos, a partir de una varilla maciza de los siguientes ma-  
 teriales:

20 A) Aleación 2024-T4 (Aleación 2024 tratada térmica-  
 mente en solución de acuerdo con el procedimiento de ensayo  
 del "Metals Handbook", vol. 1, Properties and Selection of  
 Metals, T. Lyman, American Society For Metals, págs. 888-9).

25 B) Aleación 2024-T4, siendo anodizado el perno so-  
 bre su extremo plano hasta una profundidad de 1000 micropul-  
 gadas (0,025 mm).

C) Bronce de plomo-estaño SAE 660, un material de  
 asiento corriente cuya composición es: 83 % de cobre, 7 % de  
 estaño, 7 % de plomo y 3 % de cinc.

30 D) Bronce de estaño SAE 62, un material de asiento  
 corriente cuya composición es: 88 % de cobre, 10 % de estaño



419759

1 y 2 % de cinc.

5 Unas láminas para ensayo de 1 x 2 pulgadas (25,4 x 50,8 mm) de acero inoxidable 410 se pulverizan en plasma hasta obtener un revestimiento de 0,015 pulgadas (0,381 mm) de uno de los metales descritos a continuación. Los revestimientos aplicados se sinterizan y después se rectifican hasta un espesor de 0,004-0,008 pulgadas (0,102-0,203 mm). Los metales son:

10 E) Una aleación de 55 % de cobalto, 35 % de molibdeno y 10 % de silicio, de la cual el 65 % en volumen es una fase de laves y el 35 % en volumen es una fase de matriz.

F) Una mezcla de 80 % de la aleación de E y 20 % de níquel. El níquel actúa como ligante de la aleación después de sinterizar.

15 Se pesan los pernos y se miden los perfiles de la superficie revestida de las láminas utilizando un perfilómetro. Cada perno se monta en un mecanismo oscilatorio de manera que pueda ser impulsado hacia atrás y hacia adelante a una velocidad sinusoidalmente variable en recorridos de 0,5  
20 pulgadas (12,7 mm), mientras que su extremo plano se encuentra en contacto constante y completo con un revestimiento sinterizado plano de una lámina metálica. La superficie de contacto se sumerge en un aceite hidrocarbonado de base 10 W-40. Cada perno se carga hasta una presión de 1000 psi (70  
25 kg/cm<sup>2</sup>) contra la placa y se hace oscilar a una velocidad media de 5 pies por minuto (152,4 cm/minuto). Durante la oscilación se mide la fricción. El sistema se hace funcionar a la temperatura ambiente hasta que la fricción es constante, lo que requiere alrededor de 15 minutos. Después, el sistema  
30 se calienta a 38°C, se hace funcionar durante 5 minutos a

419759



1 esa temperatura y se mide de nuevo su fricción. Se repite este procedimiento a intervalos de 28°C, hasta que se alcanzan los 204°C. A esta última temperatura, el ensayo se prosigue durante 30 minutos. Después se enfría el sistema y se retiran la muestra y los pernos revestidos y se calienta a 232°C durante 24 horas para eliminar el aceite. Se pesa cada uno de los pernos para determinar la variación de peso experimentada y se mide de nuevo con un perfilómetro el perfil de la superficie a lo largo de la trayectoria de fricción de cada muestra revestida correspondiente, para determinar el grado de daños producidos a la superficie.

Los pernos también se ensayan contra las superficies de unos bloques planos de 0,25 x 1 x 2 pulgadas (6,35 x 25,4 x 50,8 mm) de metales de las siguientes composiciones:

15 G) Acero de herramientas M2, con la siguiente composición: 0,85 % de carbono, 4 % de cromo, 2 % de vanadio, 6,25 % de wolframio, 5 % de molibdeno y el resto de hierro. Este material se utiliza corrientemente en los árboles de bomba resistentes al desgaste.

20 H) Acero inoxidable 416, un acero de maquinado exento de martensita, frecuentemente utilizado para piezas de máquina y árboles de bombas, con la siguiente composición: 12-14 % de cromo, 0,15 % máximo de carbono, 0,06 % máximo de fósforo, 1 % máximo de azufre y el resto hasta 100 % de hierro.

25 La Tabla IV muestra los resultados obtenidos en los ensayos. En la tabla, el coeficiente de fricción es la relación entre la fuerza de arrastre aplicada (o fuerza tangente a la carga) y la carga del perno (o fuerza normal a la carga). El valor PIC es el promedio en la línea central de las variaciones de altura de la superficie a lo largo de una línea de

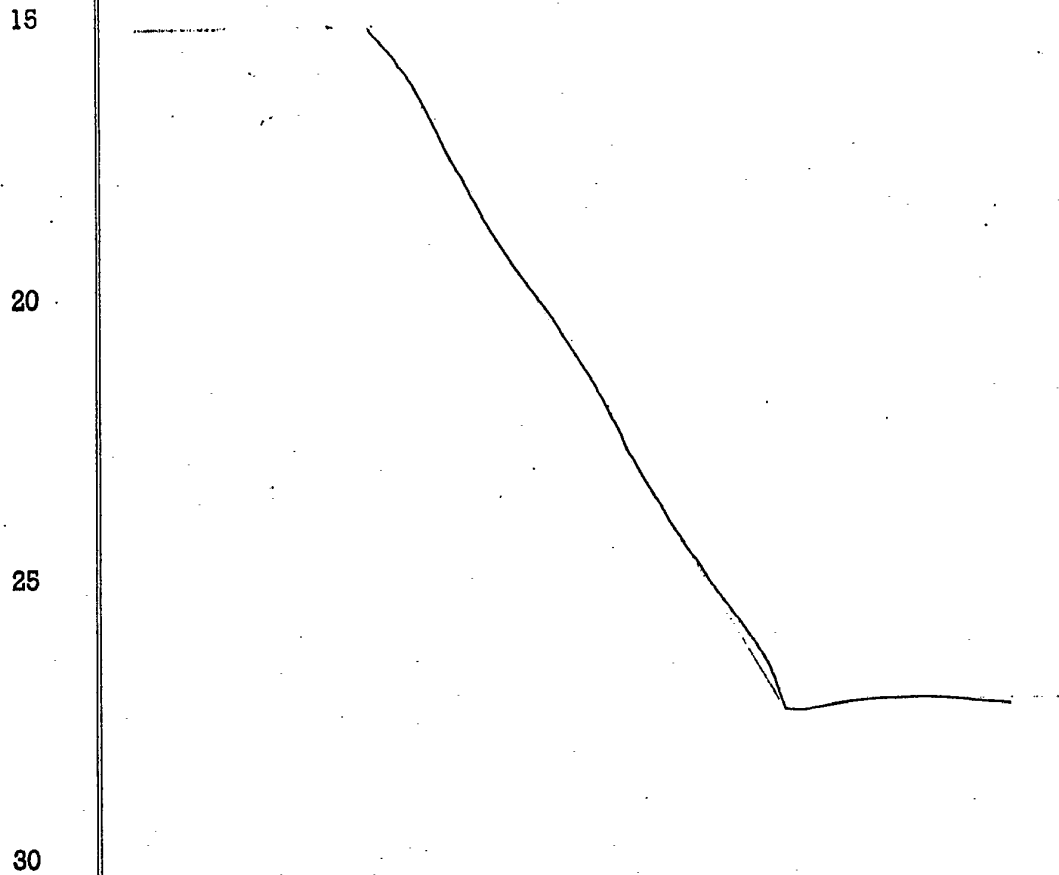
30

419759



1 medida a través de la dirección de contacto de rozamiento sobre la chapa o bloque, medida por el perfilómetro. Viene expresada como promedio aritmético, en micropulgadas, de las desviaciones a partir de un plano. Las clasificaciones visuales  
5 se basan en observaciones de fotografías a 6,6 aumentos de las huellas trazadas por los pernos y en la observación directa a 10 aumentos de las huellas, utilizando la siguiente escala:

- 1 - Ninguna marca arañada visible
- 10 2 - Unas pocas marcas arañadas visibles
- 3 - Indicios de gripaduras o microgrietas transversales.



419759

TABLA IV

419759



Perno plana	Cara	Coeficiente de fricción			Variación del peso del perno (gramos)	PIC		Clasificación visual
		Máximo	Mínimo	Después del ensayo		Antes del ensayo, micropulgadas (micras)	Después del ensayo, micropulgadas, (micras)	
A	E	0,25	0,19	0,23	-0,0037	7,0 (0,1778)	80,0 (2,0320)	2
B	E	0,15	0,11	0,11	+0,0036	9,5 (0,2413)	10,0 (0,2540)	1
C	E	0,28	0,18	0,22	-0,0011	10,0 (0,2540)	9,5 (0,2413)	1
D	E	0,21	0,13	0,18	-0,0009	10,0 (0,2540)	14,5 (0,3658)	2
A	F	0,27	0,14	0,18	-0,0034	8,0 (0,2032)	14 (0,3556)	2
B	F	0,21	0,13	0,18	+0,0031	11,0 (0,2794)	21,0 (0,5334)	1
C	F	0,29	0,23	0,23	-0,0067	9,0 (0,2413)	14,5 (0,3658)	1
D	F	0,28	0,19	0,19	-0,0006	9,0 (0,2413)	9 (0,2413)	2
A	G	0,37	0,28	0,29	-	2,5 (0,0635)	7,0 (0,1778)	3
A	H	0,25	0,21	0,21	-0,0014	11,5 (0,2921)	40,0 (1,0160)	3

1

5

10

15

20

25

30

419759

TABLA IV

1	Perno	Cara plana	<u>Coefficiente de fricción</u>			Variación del peso del perno (gramos)	Antes del ensayo, en gramos
			<u>Máximo</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Después del ensayo</u>		
5	A	E	0,25	0,19	0,23	-0,0037	7,0 (0,
	B	E	0,15	0,11	0,11	+0,0036	9,5 (0,
	C	E	0,28	0,18	0,22	-0,0011	10,0 (0,
	D	E	0,21	0,13	0,18	-0,0009	10,0 (0,
	A	F	0,27	0,14	0,18	-0,0034	8,0 (0,
	B	F	0,21	0,13	0,18	+0,0031	11,0 (0,
10	C	F	0,29	0,23	0,23	-0,0067	9,0 (0,
	D	F	0,28	0,19	0,19	-0,0006	9,0 (0,
	A	G	0,37	0,28	0,29	-	2,5 (0,
	A	H	0,25	0,21	0,21	-0,0014	11,5 (0,

15

20

25

30

TABLA IV

419759



PLC

<u>riación del so del per- no (gramos)</u>	<u>Antes del en- sayo, micropul- gadas (micras)</u>	<u>Después del en- sayo, micropul- gadas, (micras)</u>	<u>Clasifica- ción visual</u>
-0,0037	7,0 (0,1778)	80,0 (2,0320)	2
+0,0036	9,5 (0,2413)	10,0 (0,2540)	1
-0,0011	10,0 (0,2540)	9,5 (0,2413)	1
-0,0009	10,0 (0,2540)	14,5 (0,3658)	2
-0,0034	8,0 (0,2032)	14 (0,3556)	2
+0,0031	11,0 (0,2794)	21,0 (0,5334)	1
-0,0067	9,0 (0,2413)	14,5 (0,3658)	1
-0,0006	9,0 (0,2413)	9 (0,2413)	2
-	2,5 (0,0635)	7,0 (0,1778)	3
-0,0014	11,5 (0,2921)	40,0 (1,0160)	3

419759



1                    Puede observarse que, bajo condiciones de lubrica-  
ción de las capas límites, una superficie de aluminio frotan-  
do contra una superficie de aleación que contiene una fase  
de laves es comparable y en algunos casos superior a los ma-  
5                    teriales de asiento de bronce generalmente utilizados frotan-  
do sobre aleaciones que contienen una fase de laves. Además,  
puede observarse que una superficie de aluminio frotando con-  
tra una aleación que contiene una fase de laves es superior  
a una superficie de aluminio frotando contra el acero de cons-  
10                    trucción corrientemente utilizado. Los resultados indican tam-  
bién que la transferencia de metal a la aleación que contie-  
ne la fase de laves producida por una aleación de aluminio o  
por una aleación de aluminio anodizado es comparable a la de  
los materiales de asiento de bronce finalmente utilizados e  
15                    inferior a la de un acero frecuentemente utilizado.

EJEMPLO 2

Comportamiento con agua y vapor de agua húmedo.

En este ejemplo se ensaya el contacto de rozamiento  
con un fluido no lubricante entre las superficies de contac-  
20                    to. Se preparan unos pernos como en el Ejemplo 1 a partir de  
los materiales A-D. Como en el Ejemplo 1, se preparan unas lá-  
minas y se cubren con el metal F. Los pernos también se en-  
sayan frente a la superficie de unos bloques planos de 0,25 x  
1 x 2 pulgadas (6,35 x 25,4 x 50,8 mm) de un metal colado a  
25                    partir de:

I) Una aleación de 62 % de cobalto, 28 % de molib-  
deno, 8 % de cromo y 2 % de silicio, de la cual el 50 % en  
volumen es de fase de laves y el 50 % en volumen es de fase  
de matriz.

30                    Cada perno se monta en el mecanismo del Ejemplo 1,

419759



1 con su extremo plano en contacto constante y completo con el  
revestimiento sinterizado de una lámina o con la cara plana  
de un bloque. La superficie de contacto se sumerge en agua.  
A una carga en el extremo del perno de 1000 psi ( $70 \text{ kg/cm}^2$ )  
5 y a una velocidad media de 5 pies por minuto (152,4 cm/minu-  
to), se hace funcionar el sistema hasta la temperatura ambien-  
te hasta que se alcanza una fricción constante, lo que requie-  
re unos 15 minutos. Después, el sistema se calienta a  $38^\circ\text{C}$ ,  
se hace funcionar durante 5 minutos a esa temperatura y se  
10 mide su fricción. Se repite este procedimiento a intervalos  
de  $14^\circ\text{C}$  hasta que se lleva a  $93^\circ\text{C}$ . A  $100^\circ\text{C}$  se prosigue el en-  
sayo durante 30 minutos, midiendo la fricción a intervalos  
de 5 minutos a medida que hierve el agua. Después se enfría  
el sistema, se retiran los bloques y los pernos de muestra  
15 y se calientan a  $149^\circ\text{C}$  para eliminar el agua. El perno y el  
bloque o la lámina revestida de cada combinación se pesan pa-  
ra determinar la variación de peso experimentada. Se miden  
los perfiles de las caras planas de los bloques y de las lami-  
nas recubiertas a través de las trayectorias de frotamiento  
20 de los pernos para determinar las variaciones en estas super-  
ficies. Las clasificaciones visuales de las partes frotadas  
de las caras planas se determinan también empleando la escala  
utilizada en el Ejemplo 1. La Tabla V contiene los valores ob-  
tenidos en los ensayos.

25

30



419759

19759

TABLA V

Perno	Cara plana	Coeficiente de fricción		Variación de peso (g)		PLC		Clasificación visual	
		Máximo	Mínimo	Después del ensayo	Perno	Bloque	Antes del ensayo; micropulgadas (micras)		Después del ensayo, micropulgadas (micras)
A	F	0,44	0,21	0,38	-0,0017	-0,0020	9,2 (0,2337)	7,5 (0,1905)	-
B	F	0,52	0,18	0,44	+0,0002	+0,0080	8,2 (0,2032)	6,0 (0,1524)	1
C	F	0,18	0,11	0,18	-0,0014	+0,0012	10,0 (0,2540)	8,0 (0,2032)	1
D	F	0,23	0,11	0,23	-0,0016	-0,0010	10,0 (0,2540)	11,0 (0,2794)	1
A	H	0,62	0,43	0,59	-0,0030	-	10,0 (0,2540)	20,0 (0,5080)	3
A	I	0,64	0,50	0,50	-0,0033	-0,0010	4,0 (0,1016)	2,5 (0,0635)	1
B	I	0,85	0,49	0,81	+0,0015	+0,0003	7,5 (0,1905)	3,5 (0,0889)	2
C	I	0,37	0,15	0,36	-0,0004	+0,0003	7,0 (0,1778)	4,5 (0,1143)	1
D	I	0,32	0,16	0,32	-0,0006	+0,0003	7,0 (0,1778)	9,0 (0,2286)	3

1

5

10

15

20

25

30

419759

TABLA V

Perno	Cara plana	Coeficiente de fricción			Variación de peso (g)		Antes del say, mic gadas (mi)
		Máximo	Mínimo	Después del ensayo	Perno	Bloque	
A	F	0,44	0,21	0,38	-0,0017	-0,0020	9,2 (0,2)
B	F	0,52	0,18	0,44	+0,0002	+0,0080	8,0 (0,2)
C	F	0,18	0,11	0,18	-0,0014	+0,0012	10,0 (0,2)
D	F	0,23	0,11	0,23	-0,0016	-0,0010	10,0 (0,2)
A	H	0,62	0,43	0,59	-0,0030	-	10,0 (0,2)
A	I	0,64	0,50	0,50	-0,0033	-0,0010	4,0 (0,1)
B	I	0,85	0,49	0,81	+0,0015	+0,0003	7,0 (0,1)
C	I	0,37	0,15	0,36	-0,0004	+0,0003	7,0 (0,1)
D	I	0,32	0,16	0,32	-0,0006	+0,0003	7,0 (0,1)

1

5

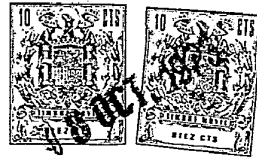
10

15

20

25

30



19759

TABLA V

N <sup>o</sup> de ensayo	Variación de peso (g)		PLC		Clasificación visual
	Perno	Bloque	Antes del ensayo, micropulgadas (micras)	Después del ensayo, micropulgadas (micras)	
38	-0,0017	-0,0020	9,0 (0,2337)	7,5 (0,1905)	-
44	+0,0002	+0,0080	8,0 (0,2032)	6,0 (0,1524)	1
18	-0,0014	+0,0012	10,0 (0,2540)	8,0 (0,2032)	1
23	-0,0016	-0,0010	10,0 (0,2540)	11,0 (0,2794)	1
59	-0,0030	-	10,0 (0,2540)	20,0 (0,5080)	3
50	-0,0033	-0,0010	4,0 (0,1016)	2,5 (0,0635)	1
81	+0,0015	+0,0003	7,0 (0,1905)	3,5 (0,0889)	2
36	-0,0004	+0,0003	7,0 (0,1778)	4,5 (0,1143)	1
32	-0,0006	+0,0003	7,0 (0,1778)	9,0 (0,2286)	3



419759

1                    Los resultados indican que, bajo las malas condi-  
ciones de lubricación proporcionadas por el agua, los daños  
superficiales producidos en las superficies de aleación que  
contiene una fase de Laves por la aleación de aluminio o por  
5                    la aleación de aluminio anodizado son comparables o inferio-  
res a los producidos por los materiales de asiento de bron-  
ce generalmente utilizados y por el acero de construcción  
comúnmente utilizado.

10                    En resumen, La Patente de Invención que se soli-  
cita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

15                    1. Un sistema mecánico metálico que comprende dos  
superficies opuestas mantenidas entre sí en contacto de  
fricción que comprende un primer componente que presenta una  
superficie de aluminio, un segundo componente que presenta  
una segunda superficie capaz de establecer un contacto de  
rozamiento con la superficie de aluminio y medios para indu-  
cir y mantener las dos superficies en contacto de rozamiento  
20                    entre sí, cuya mejora consiste en emplear como segunda super-  
ficie una superficie metálica que comprende una aleación  
que contiene como mínimo 60 átomos por ciento de por lo menos  
dos elementos metálicos pesados de transición, siendo la re-  
lación de los radios atómicos de los elementos de transición  
más grandes a los de los elementos de transición más pequeños  
25                    de 1,05-1,68 estando constituida por 10 a 100 % en volumen  
de una fase dura y 0 a 90 % en volumen de una fase de matriz  
que es más blanda que la fase dura, conteniendo dicha fase  
dura una fracción mayoritaria de fase de Laves en una canti-  
tal que constituya por los menos al 10 % del volumen de la  
aleación.

*ME*

30

419759 DIC. 1954



1                    2.- El sistema de la Reivindicación 1, donde los elementos de transición están seleccionados entre el grupo formado por V, Hf, W, Ta, Nb, Mo, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Zr, y Ti.

5                    3. El sistema de la Reivindicación 2, donde la aleación que contiene la fase dura está constituida esencialmente por una cantidad importante de por lo menos un metal A, una cantidad importante de por lo menos un metal B y Si, estando seleccionado el metal A entre Mo y W, estando seleccionado el metal B entre Fe, Cr, Co y Ni y siendo la suma de las cantidades de A y B de por lo menos 60 átomos por ciento de la aleación.

10                    4. El sistema de la Reivindicación 1, donde la superficie de aluminio está anodizada.

15                    5. El sistema de la Reivindicación 1, donde las dos superficies se encuentran en contacto operativo de rozamiento entre sí.

20                    6. El sistema de la Reivindicación 5, donde el contacto de rozamiento es un contacto alargado a través de la dirección del deslizamiento y el contacto de rozamiento separa a dos masas de fluido.

25                    7. El sistema de la Reivindicación 6, donde la línea de contacto a través de la dirección de deslizamiento es proporcionada entre el interior del cilindro de la bomba y la superficie de las levas de cierre sobre las piezas giratorias internas de bombeo de una bomba seleccionada entre los sistemas de álabe deslizante giratorio, los sistemas de rotación en sentido contrario cooperantes de dos lóbulos y los sistemas de rotación en sentido contrario cooperantes de tres lóbulos.

*mle* 30

419759



1                   8. El sistema de la Reivindicación 6, donde el con-  
tacto lineal a través de la dirección de deslizamiento es pro-  
porcionado entre el cilindro y el pistón o un segmento circu-  
lar montado en el pistón de un cilindro cuyo pistón se mueve  
5 axialmente en su interior.

                  9. El sistema de la Reivindicación 1, donde la  
aleación de la segunda superficie se mezcla con un ligante  
que es inerte frente a la fase de Laves de la aleación y más  
blando que aquella.

10                  10. El sistema de la Reivindicación 1, donde la  
superficie a base de aleación ha sido preparada empleando una  
técnica de pulverización en arco de plasma.

                  11. El sistema de la Reivindicación 1, donde la  
superficie a base de aleación ha sido preparada empleando  
15 una técnica metalúrgica en polvo.

                  12. El sistema de la Reivindicación 1, donde la su-  
perficie a base de aleación ha sido preparada empleando una  
técnica de colada.

20                  13. El sistema de la Reivindicación 1, donde la  
superficie a base de aleación ha sido preparada empleando  
una técnica de aplicación de una capa por soldadura.

                  14. El sistema de la Reivindicación 3, donde la ;  
cantidad de Si y las cantidades relativas de A y B son tales  
que alrededor de 20-85 % en volumen de fase dura está distri-  
25 buída en 15 a 80 % en volumen de fase de matriz.

                  15. El sistema de la Reivindicación 14, donde la  
fase dura está constituida prácticamente en su totalidad por  
fase de Laves.

                  16. Se reivindica por último como objeto sobre el  
que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:

30  
m/e

- 27 -  
419759 29



1 UN SISTEMA MECANICO METALICO QUE COMPRENDE DOS SUPERFICIES  
OPUESTAS MANTENIDAS ENTRE SI EN CONTACTO DE FRICCION.

5 Todo conforme queda descrito y reivindicado en  
la presente memoria descriptiva que consta de veintisiete  
páginas mecanografiadas.

Madrid, 18 Octubre 1.973.  
BERNARDO UNGRIA  
P.P.

10

15

20

25

30

419759



Fig.1

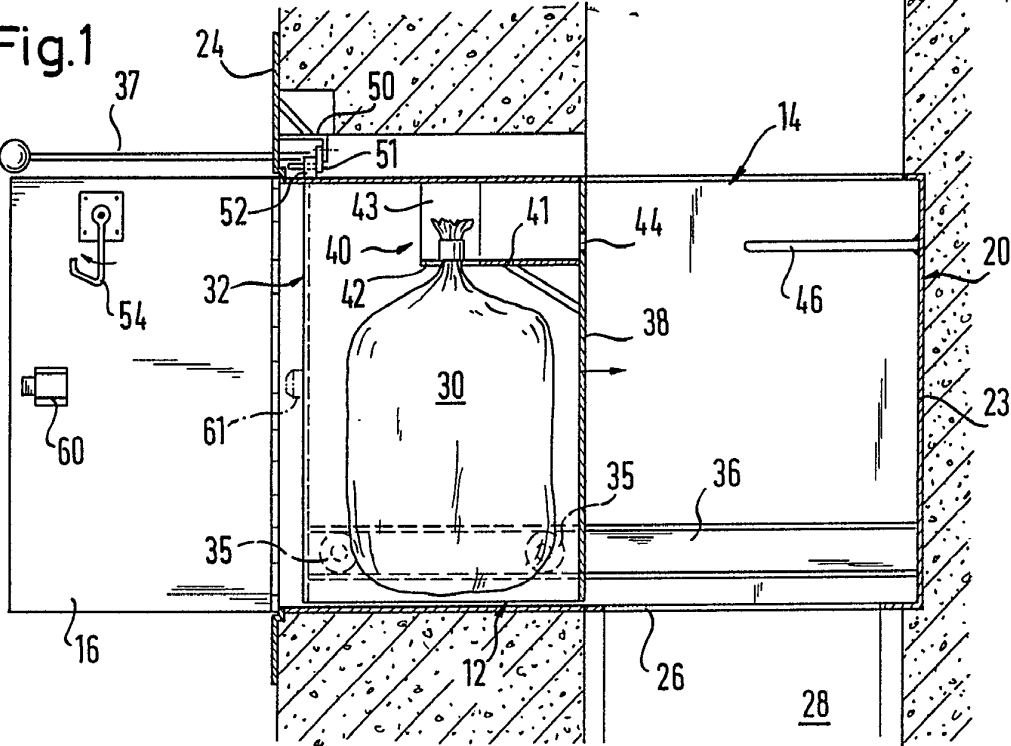
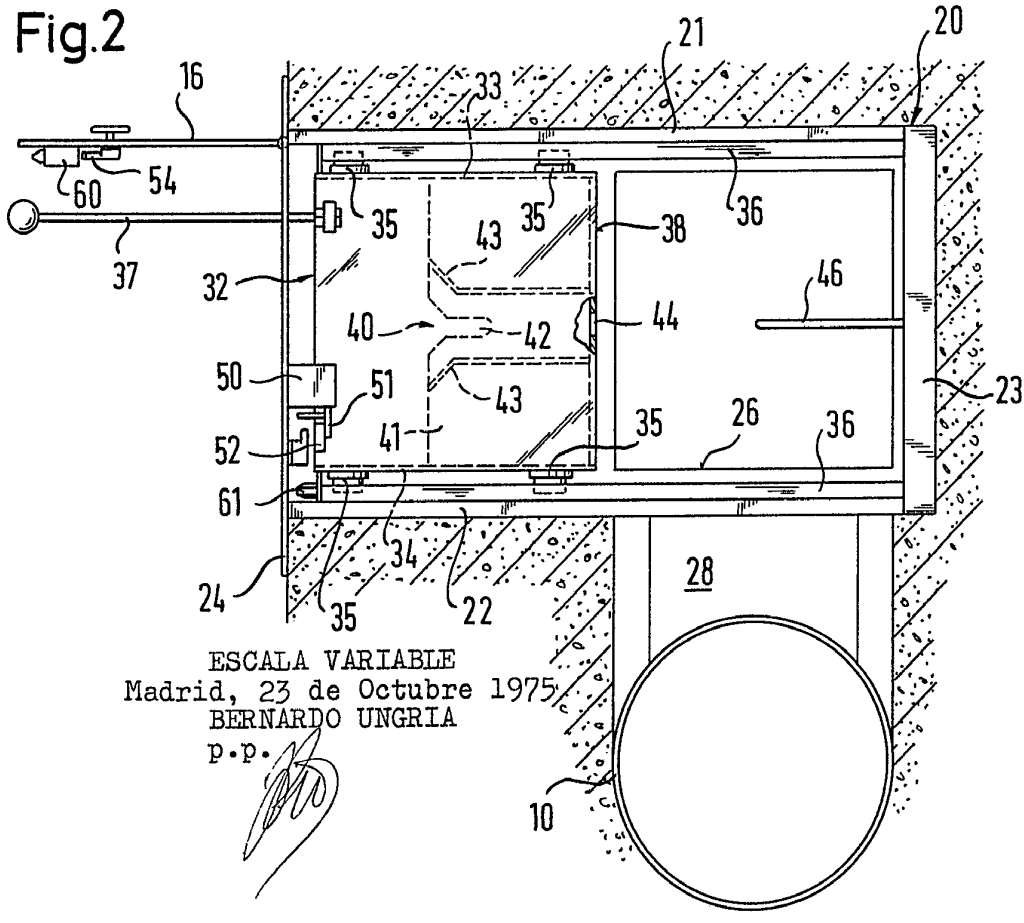


Fig.2

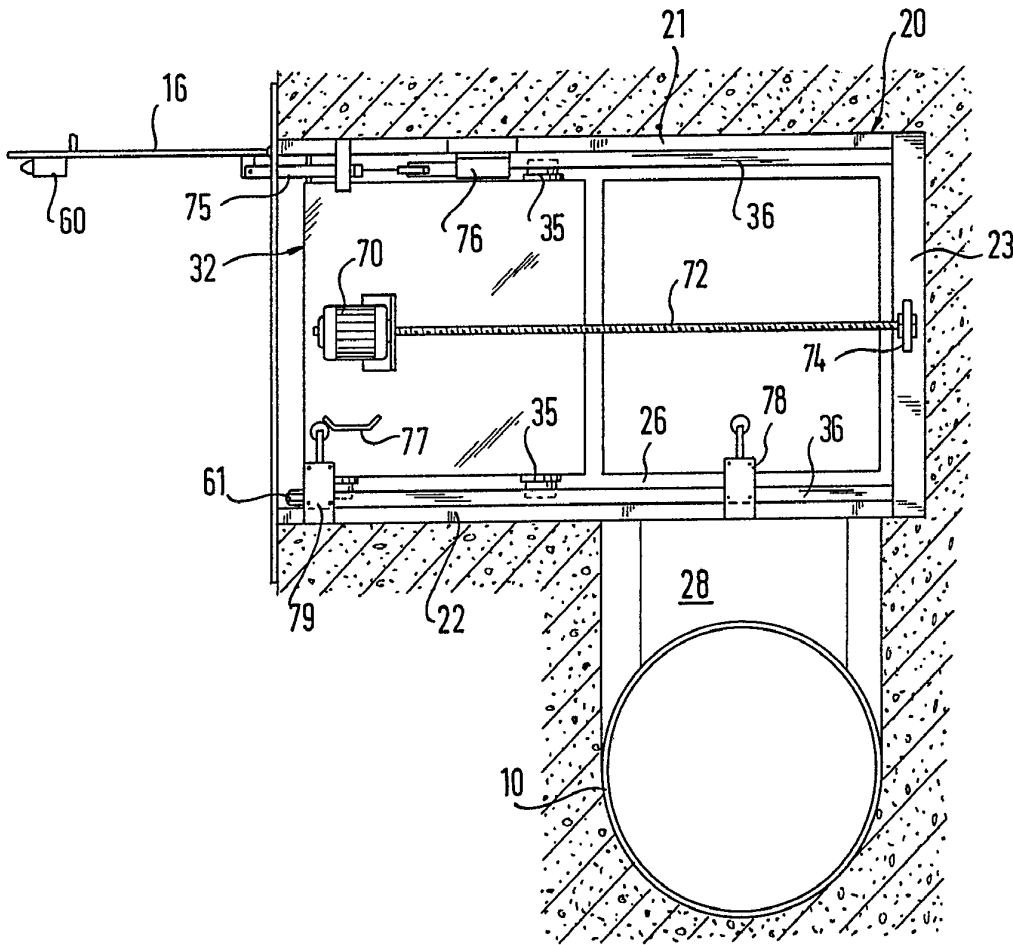


ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 23 de Octubre 1975  
 BERNARDO UNGRIA  
 p.p.

419759



Fig. 3



ESCALA VARIABLE  
Madrid, 23 de Octubre de 1975  
BERNARDO UNGRIA  
P.P.