

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

(19) ES	(11) 457108	(10) A1
(21)		
(22)	FECHA DE PRESENTACION 23.3.77	

P.- 65.198

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
673.605	5.4.76	EE.UU.
673.746	5.4.76	EE.UU.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL F16C; F16H	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	------------------------------------------------	----------------------------------------

(64) TITULO DE LA INVENCION "UN CONJUNTO PERFECCIONADO DE ARTICULACIONES DE FLEXION"

(71) SOLICITANTE (S) LITTON INDUSTRIES, INC.
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 360 North Crescent Drive, Beverly Hills, California 90210, Estados Unidos de América
(72) INVENTOR (ES) Robert J. G. Craig, Clifton T. Council y Jack F. Jansen
(73) TITULAR (ES)
(74) REPRESENTANTE D. FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ

P.- 65.198

1 Este invento se refiere a conjuntos de articula-
ciones de flexión y, más particularmente, a uno de tales
conjuntos para conectar dos miembros rotatorios, al mismo
tiempo que permitan un movimiento universal de uno de los
5 miembros con respecto al otro por pequeños ángulos.

Un conjunto típico de articulaciones de flexión
de la técnica anterior se describe en la patente de los
Estados Unidos 3.811.172. En el dispositivo descrito en la
patente de los Estados Unidos número 3.811.172 y en todos,
10 excepto uno, de los dispositivos descritos en otras paten-
tes, un miembro tubular interior y un miembro tubular ex-
terior están divididos cada uno en dos porciones extremas
y una porción intermedia por pares de paletas de flexión
diametralmente opuestas formadas en la pared de cada miem-
bro. El conjunto de articulaciones de flexión, así forma-
do, tiene dos pares de articulaciones de flexión colocadas
de modo diametralmente opuesto que permiten un movimiento
15 universal por pequeños ángulos entre una porción de elemen-
to cardan central y una porción extrema del mismo y tiene
dos pares de articulaciones de flexión dispuestas opuesta-
mente que permiten un movimiento universal por pequeños án-
gulos entre la porción central del elemento cardan y la
otra porción extrema del conjunto de articulaciones de fle-
xión.

25 Cada abertura en cada par de aberturas circunferen-
cialmente adyacentes está conectada por una rendija con una
abertura circunferencialmente separada de otro par de aber-
turas. El diseño de rendijas y aberturas subdivide a cada
miembro tubular en al menos dos porciones interconectadas
30 exclusivamente por las paletas. Cualquiera de las porciones

1 entre una serie de ranuras y aberturas y uno de los bordes
circulares del miembro tubular u otra de dichas series es
- o forma una parte de - un elemento cardan, de un elemento
propulsado o de un elemento propulsor.

5 Así, una serie sustancialmente circunferencial de
muescas alrededor de los miembros tubulares los divide en
elementos configurados sustancialmente como anillos, inter-
conectados por las paletas de flexión.

10 Cada articulación de flexión comprende un par de
paletas de flexión con planos de flexión mutuamente ortogo-
nales. Una paleta de flexión de cada par en una articulación
de flexión está formada por un par de aberturas circunferen-
cialmente adyacentes en la pared del miembro tubular inte-
rior, estando formada la otra por un par de aberturas cir-
15 cunferencialmente adyacentes en el miembro tubular exterior.
Una paleta de flexión puede ser utilizada donde sea limita-
da la magnitud requerida de movimiento angular alrededor
de un eje deformable, y sean de importancia primordial una
fricción nula y una holgura nula. Una paleta de flexión es
20 un miembro mecánico que es deformable al flexionar alrede-
dor de un eje pero rígido alrededor del eje transversal. El
término deformabilidad, tal como se utiliza aquí, es el re-
cíproco del grado de elasticidad.

25 También, en dispositivos de la técnica anterior,
una de las paletas de flexión en cada articulación de fle-
xión formada por un par de paletas de flexión es orientada
para contribuir a obtener una gran resistencia mecánica
axial a lo largo del eje longitudinal del conjunto de arti-
culaciones de flexión, y la otra paleta del mismo par está
30 orientada ortogonalmente para proporcionar la necesaria ri-

1 gidez radial requerida para una suspensión isoelástica.

No obstante, en el método conocido de producir un conjunto de la técnica anterior, las delgadas paletas de flexión en cada uno de los miembros tubulares interior y exterior concéntricos son formados por mecanización cuatro pares de aberturas mutuamente adyacentes separadas equiangularmente en sentido circunferencial en las paredes de un miembro tubular, por mecanización por separado en una operación distinta cuatro pares de aberturas separadas entre sí equiangularmente, adyacentes circunferencialmente, en las paredes del otro de los miembros tubulares, y por reunión posterior de los dos miembros a una relación posicional coaxial. Esta mecanización por separado de pares de aberturas adyacentes para formar paletas de flexión con el grado de precisión requerido para la utilización del conjunto de articulaciones de flexión en instrumentos giroscópicos es extremadamente difícil y largo. Cada par de paletas de flexión adyacentes radialmente, de las cuales una paleta está en la pared del miembro tubular interior y la otra paleta está en la pared del miembro tubular exterior, deben definir un eje de flexión colineal común. Los ejes de flexión de todos los conjuntos de articulaciones de flexión deberán intersectarse, lo más exactamente posible, junto a un centro común que constituye el punto de pivotamiento y está situado sobre el eje longitudinal del conjunto de articulaciones de flexión. Como un resultado del método de la técnica anterior de mecanizar aberturas formando paletas de flexión por separado e individualmente en uno y en otro de los miembros tubulares, se produce frecuentemente al efectuar el montaje una ligera desalineación entre los ejes

1 de flexión de los miembros tubulares interior y exterior.
Esto conduce a la introducción de grados de elasticidad
excesivos y asimétricos y otros orígenes de mal funciona-
miento del instrumento soportado por el conjunto de arti-
5 culaciones de flexión terminado. Además, la formación de
paletas de flexión de acuerdo con el método de la técnica
anterior da como resultado paletas de flexión que tienen
un espesor no uniforme a través de sus respectivos ejes de
flexión, es decir ejes de curvatura, lo cual da como resul-
10 tado diferencias en los grados de elasticidad de las pale-
tas de flexión.

Una aplicación para una junta universal para des-
viaciones de pequeño ángulo es un giroscopio libre. Un gi-
roscopio libre que tiene un elemento rotor giratorio, cuan-
15 do es montado sobre una estructura de soporte, trabaja de
manera tal que la estructura de soporte puede ser hecha gi-
rar o ser desplazada sin aplicar pares perturbadores al
elemento rotor. En un dispositivo práctico, se aplican pa-
res de control al elemento rotor para mover en precesión
20 el elemento rotor de una manera controlada. Un giroscopio
libre incluye acostumbradamente dispositivos perceptores
para detectar una desalineación angular entre el eje de
giro de su elemento rotor, denominado con frecuencia el
rotor, y su eje de árbol o un eje fijado al alojamiento.
25 La desalineación angular detectada de este modo puede ser
utilizada luego, después de aplicación apropiada, para apli-
car un par a una estructura de soporte, tal como un elemen-
to cardan de una plataforma de inercia, para hacer que la
estructura de soporte siga al eje de giro del rotor, anu-
30 lando de esta manera la desalineación angular. Alternativa-

1 mente, una desalineación angular percibida puede ser utiliza-
zada para aplicar un par directamente al elemento rotor en
lo que se conoce como operación "enjaulada" o "capturada".

5 En conjuntos cilíndricos de articulaciones de flexión
de construcción conocida, los miembros tubulares están sepa-
rados por paletas de flexión en una porción propulsora axial-
mente desplazada, dos porciones cardan y una porción propul-
sada. Es decir, estas porciones están desplazadas axialmen-
te una con respecto a la otra a lo largo del eje longitudi-
10 nal del conjunto de articulaciones de flexión. Más particu-
larmente, unas rendijas desplazadas axialmente en las pare-
des de cada miembro tubular crean una porción cardan central
que está conectada con porciones extremas por paletas de fle-
xión. Una porción extrema es utilizada como elemento propul-
15 sor para conectarse con un árbol de propulsión, y el otro es
utilizado como elemento propulsado para montar una rueda de
inercia conocida como elemento rotor.

Una disposición común de los elementos básicos de un
giroscopio comprende un motor soportado a cualquiera de los
20 lados por cojinetes con el árbol motor sobresaliendo a tra-
vés de un cojinete en una distancia suficientemente larga pa-
ra soportar un conjunto de articulaciones de flexión y un ro-
tor montado sobre él. Una articulación de flexión que tiene
elementos propulsor, cardan y propulsado tubulares formados
25 por rendijas desplazadas axialmente en los miembros tubula-
res posee la desventaja de que el árbol motor que so-
bresale hacia fuera de los cojinetes de motor tiene un
cierto grado de deformabilidad que permite vibraciones. El
conjunto de articulaciones de flexión y el rotor montado
30 sobre el árbol motor, respectivamente, están sometidos por

1 lo tanto a dichas vibraciones. Vibraciones parásitas del
rotor son un origen de errores en las características de
rendimiento de un giroscopio.

5 Las desventajas antes mencionadas y otras de
articulaciones de flexión de la técnica anterior son supe-
radas por el nuevo conjunto de articulaciones de flexión
del invento y el nuevo método de fabricación del mismo.

10 El conjunto de articulaciones de flexión aquí
descrito comprende un par de miembros tubulares interior y
exterior concéntricos, estando dividido cada miembro tubu-
lar en al menos una porción de elemento propulsor, al me-
nos una porción de elemento cardan y al menos una porción
de elemento propulsado, con interconexiones formadas por
una pluralidad de paletas de flexión, siendo la división
15 el resultado de una pluralidad de rendijas que se extien-
den de modo sustancialmente periférico a través de las pa-
redes de cada miembro tubular, terminando cada extremo de
cada rendija en una abertura. Así, tal como se verá mejor
de la descripción detallada que se da seguidamente, unas
20 series de rendijas alrededor de la periferia de un miembro
tubular dividen a dicho miembro tubular, excepto paletas
de flexión conectadoras remanentes, entre aberturas termi-
nales de rendijas. Las aberturas están organizadas en pares
de aberturas adyacentes circunferencialmente. Cada uno de
25 los miembros tubulares tiene cuatro pares de aberturas cir-
cunferencialmente adyacentes. En cada miembro, los cuatro
pares de aberturas están separados equiangularmente alrede-
dor de la circunferencia del miembro tubular, formando cada
par de aberturas mutuamente adyacentes una paleta de fle-
30 xión. Las dos paletas de cada par de paletas de flexión ra-

1 dialmente adyacentes, es decir superpuestas, una en el miembro interior y otra en el miembro exterior, definen planos de flexión mutuamente ortogonales y definen también un eje de flexión común, y forman por lo tanto una articulación
5 de flexión. En la mayor parte de las formas de realización, los ejes de flexión de todas las articulaciones de flexión intersectan al eje longitudinal, es decir al eje común de los miembros tubulares interior y exterior junto a un punto de pivotamiento común, aunque esto no precisa ser así necesariamente.
10

Se verá por lo tanto que el presente invento está basado en el reconocimiento de que el método de fabricar conjuntos de articulaciones de flexión del tipo aquí descrito puede ser mejorado reduciendo el número de operaciones de fabricación necesarias, acompañado por la reducción de costos implicada, si fuese posible hacer que los
15 pares de aberturas que definen entre ellas las paletas de flexión puedan ser producidos simultáneamente, es decir en una única etapa, a través de ambos miembros tubulares, cuando éstos están fijados provisionalmente uno dentro del otro. Se encontró entonces que dicha sucesión simplificada de operaciones de mecanización, que por su propia naturaleza aumenta la exactitud y precisión del producto acabado, podría lograrse si las orientaciones angulares de las paletas
20 de flexión en cada uno de los miembros tubulares no fuesen uniformes, tal como ocurría hasta ahora, sino, en lugar de ello, se realizase por mecanización de aberturas que dejan las paletas de flexión de manera tal que cada uno de los miembros tubulares tuviera algunas paletas de flexión en
25 una orientación con un ángulo específico, estando orienta-
30

1 das otras paletas de flexión del mismo elemento tubular en
 90 grados angulares con el ángulo específico. Cuando se
 vuelven a montar los dos miembros tubulares en una posi-
 ción diferente apropiada, que puede ser visualizada como
5 el resultado de una operación de rotación, los dos miembros
 tubulares pueden luego ser interconectados para formar las
 articulaciones de flexión compuestas de paletas de flexión
 orientadas de modo cruzado. Así, para resumir, el método
 del presente invento evita los inconvenientes, las complica-
10 ciones y los defectos resultantes de los métodos conocidos,
 al haber desarrollado una sucesión de operaciones que per-
 miten mecanizar las aberturas simultáneamente dentro de
 ambos miembros tubulares, cuando los miembros tubulares es-
 tán interconectados provisionalmente en una disposición con-
15 céntrica.

 Así, de acuerdo con un aspecto amplio del presen-
 te invento, se crea un método de producir un conjunto de
 articulaciones de flexión para utilizarse como la estructu-
 ra de soporte para el rotor de un giroscopio, en el que son
20 formadas aberturas y rendijas en cada uno de un par de miem-
 bros tubulares que pueden estar acoplados uno concéntrica-
 mente dentro del otro, y en que los miembros tubulares son
 fijados parcialmente uno al otro para formar articulaciones
 de flexión que interconectan porciones de los miembros tubu-
25 lares, y en que cada articulación de flexión está formada
 por un par de paletas de flexión radialmente adyacentes dis-
 puestas de modo cruzado ortogonalmente, siendo cada paleta
 de flexión individual el material que queda entre un par
 de aberturas mutuamente adyacentes y formando parte de un
30 miembro distinto entre los dos miembros tubulares, incluyen-

1 do el método las operaciones de mecanizar simultáneamente
pares de aberturas, dejando entre ellas paletas flexibles,
dentro de ambos miembros tubulares cuando éstos son mante-
nidos provisionalmente en estado concéntrico en una posi-
5 ción angular específica, uno con respecto al otro, seguido
por volver a montar los dos miembros tubulares en una posi-
ción relativa permanente que ha sido hecha girar angularmen-
te con respecto a la posición específica y en que los pares
de paletas de flexión forman las articulaciones de flexión.

10 De acuerdo con un aspecto amplio, diferente, del
invento, se crea un conjunto de articulaciones de flexión
para utilizarse como la estructura de soporte para el ro-
tor de un giroscopio, que comprende unos miembros tubulares
interior y exterior, dispuestos concéntricamente, fijados
15 parcialmente uno al otro, estando dividido cada miembro tu-
bular en porciones distintas en virtud de pares mutuamente
adyacentes de aberturas interconectadas por rendijas, sien-
do las porciones de cada miembro tubular desplazables angu-
larmente una con respecto a la otra cuando son interconec-
20 tadas por paletas de flexión susceptibles de ser curvadas,
formadas por el material que ha quedado entre cada par de
aberturas, con cada uno de una pluralidad de pares de pale-
tas de flexión radialmente adyacentes dispuestas de modo
ortogonalmente cruzado, de las cuales cada paleta de fle-
25 xión individual forma parte de un miembro distinto entre
los miembros tubulares, que forma una articulación de una
pluralidad de articulaciones de flexión, estando caracteri-
zado el conjunto de articulaciones de flexión por una orien-
tación de alguna de las paletas de flexión de cada miembro
30 tubular en un ángulo específico con el eje del miembro tubu-

1 lar y por una orientación diferente de las restantes pale-
tas de flexión del mismo miembro tubular en otro ángulo que
es perpendicular con respecto a la orientación de las pale-
tas de flexión que forman el ángulo específico. Apropiada-
5 mente, una mitad de las paletas de flexión de un miembro
tubular está orientada en el ángulo específico, estando
orientada la otra mitad, restante, de las paletas de fle-
xión del mismo miembro tubular en el otro ángulo.

De acuerdo con el aspecto amplio del invento, an-
10 tes definido, el plano común de flexión de dos de las cua-
tro paletas de flexión de cada miembro tubular forma un
primer ángulo con respecto al eje común de los miembros
tubulares interior y exterior, el plano común de flexión
de las otras dos paletas de flexión de cada miembro tubu-
15 lar forma un segundo ángulo con respecto al eje común de
los miembros tubulares interior y exterior, siendo sustan-
cialmente de 90° la diferencia entre el primer ángulo de
dos paletas de flexión de cada miembro y el segundo ángulo
de las otras dos paletas de flexión de ese miembro.

20 El nuevo conjunto de articulaciones de flexión
es fabricado sosteniendo los miembros tubulares interior y
exterior de modo coaxialmente alineado, uno dentro del
otro, en una primera posición angular relativa, creando
una pluralidad de paletas de flexión por formación de al
25 menos dos pares de aberturas, estando las dos aberturas de
cada par circunferencialmente adyacentes una a la otra,
siendo formado dicho par en el miembro tubular exterior
y en el miembro tubular interior y estando el par interior
radialmente adyacente al par exterior; haciendo girar los
30 miembros tubulares uno con respecto al otro por un ángulo

1 de rotación previamente determinado a una segunda posición
angular relativa de los miembros tubulares en que pares,
en segunda posición, de paletas de flexión mutuamente orto-
gonales, una paleta en el miembro tubular interior y una
5 paleta en el miembro tubular exterior, están radialmente
superpuestas en una disposición cruzada para crear cuatro
articulaciones de flexión separadas entre sí en 90° ; y fi-
jando los miembros tubulares interior y exterior uno al
otro en esa segunda posición. En la mayor parte de las for-
mas de realización, los ejes de flexión de las articulacio-
10 nes de flexión intersectan a los ejes longitudinales de
los miembros tubulares en un punto de pivotamiento común.

El ángulo de rotación, previamente determinado,
de un miembro tubular con respecto al otro es de 180° cuan-
15 do el diseño de aberturas se selecciona con los planos de
flexión de un primer par de paletas de flexión circunfe-
rencialmente consecutivas en un miembro tubular formando
el mismo primer ángulo con respecto al eje común de los
miembros tubulares, y con los planos de flexión de un se-
20 gundo par de paletas de flexión circunferencialmente dis-
tanciadas entre sí de ese mismo miembro tubular formando
el mismo segundo ángulo con respecto al eje común, difi-
riendo el segundo ángulo del primer ángulo en sustancial-
mente 90° .

25 El ángulo de rotación previamente determinado es
de 90° cuando los planos de flexión de un primer par de
paletas de flexión, que están distanciadas alternadamente
alrededor de la circunferencia de un miembro tubular y que
tienen un primer eje de flexión común, forman el mismo pri-
30 mer ángulo con respecto al eje común, en que los planos de

1 flexión del otro par de paletas de flexión tienen un segun-
do eje de flexión común ortogonalmente orientado con respec-
to al primer eje de flexión común y en que los planos de
flexión de ese segundo par de paletas de flexión forman el
5 mismo segundo ángulo con respecto al eje longitudinal, di-
firiendo el segundo ángulo del primer ángulo sustancialmen-
te en 90° .

Este primer ángulo de los planos de flexión, cuan-
do se miden con respecto al eje longitudinal, es selecciona-
do para proporcionar una rigidez de translación sustancial-
10 mente igual en las direcciones axial y radial. Aunque no se
aprecia en algunas enseñanzas de la técnica anterior, no es
necesario que este primer ángulo esté limitado a 0° ó 90° .
En una forma de realización del invento, el primer ángulo
15 es aproximadamente de 45° . La magnitud óptima del primer
ángulo es una función del diseño particular de paletas de
flexión, aberturas y rendijas utilizadas.

El conjunto de articulaciones de flexión, tal co-
mo se menciona anteriormente, comprende al menos un elemen-
to propulsor, al menos un elemento cardan, y al menos un
20 elemento propulsado, que son formados creando las rendijas
antes mencionadas, de las cuales hay cuatro en los miembros
tubulares interiores y cuatro en los miembros tubulares ex-
teriores, para dividir de este modo a estos miembros en un
25 elemento cardan conectado con un elemento propulsor y co-
nectado con un elemento propulsado por paletas de flexión.

De acuerdo con un aspecto más específico del in-
vento, las cuatro rendijas de cada miembro tubular que di-
viden al miembro en los tres elementos son de la misma ex-
30 tensión axialmente, extendiéndose todas ellas en la misma

1 dirección axial desde las aberturas que forman las paletas
de flexión. Dichas rendijas, axialmente de la misma exten-
sión, desplazan a los elementos propulsor y propulsado en
5 la misma dirección axial desde el centro de suspensión,
es decir desde los ejes de flexión de estos elementos, y
en la mayor parte de las formas de realización, pero no
en todas, desde un punto de pivotamiento común en que se
intersectan todos los ejes de flexión. El desplazamiento
de ambos elementos, propulsor y propulsado, en la misma
10 dirección axial desde el centro de suspensión permite que
tanto la conexión del rotor con el elemento propulsado co-
mo la conexión del árbol motor con el elemento propulsor
estén colocadas más próximas a un cojinete de motor. Esto
reduce la longitud de proyección del árbol de motor, hace
15 mínima la deformabilidad del árbol motor y por lo tanto
reduce la magnitud de las vibraciones de árbol transmiti-
das al rotor.

Por lo tanto, un objeto del invento es crear un
conjunto mejorado de articulaciones de flexión, para gi-
20 roscopios y para otras aplicaciones, que pueda ser fabri-
cado de una manera más simple que los conjuntos conocidos
de articulaciones de flexión, y con mayor precisión de fa-
bricación.

Otro objeto del invento es crear un método sim-
25 plificado de fabricar un conjunto de articulaciones de
flexión, en comparación con métodos conocidos, que produz-
ca un conjunto de articulaciones de flexión que tenga
ejes de flexión que intersecten con precisión al eje lon-
gitudinal del conjunto de articulaciones de flexión en
30 un punto de pivotamiento común.

1 De acuerdo con características específicas del
invento, se dispone un conjunto de articulaciones de fle-
xión que comprende un par de miembros tubulares interior y
5 exterior con paletas de flexión dentro de ellos, en que ca-
da una de las paletas de flexión está formada entre un par
de aberturas circunferencialmente adyacentes y en que cada
paleta de flexión en uno de los miembros tubulares es fa-
bricada con su plano de flexión coplanar con el plano de
flexión de una paleta de flexión radialmente adyacente en
10 el otro miembro, formando estas aberturas en una primera
posición angular relativa de los miembros tubulares inte-
rior y exterior, y en que articulaciones de flexión que
tienen sustancialmente igual rigidez de translación en las
direcciones axial y radial son creadas haciendo girar los
15 miembros tubulares uno con respecto al otro a una segunda
posición angular relativa, en que el plano de flexión de
cada paleta de flexión en el miembro tubular interior es
ortogonal al plano de flexión de otra paleta de flexión
radialmente adyacente en el miembro tubular exterior.

20 Se verá por lo tanto que el invento crea un mé-
todo de fabricar un conjunto de articulaciones de flexión
que hace mínimas las diferencias de rigidez alrededor de
los ejes de flexión principales del conjunto de articula-
ciones de flexión, y hace máxima la simetría del conjunto
25 de articulaciones de flexión, debido a una rigidez de trans-
lación sustancialmente igual en ambas direcciones, radial
y axial. El invento es aplicable a conjuntos de articula-
ciones de flexión que, durante el funcionamiento, suprimen
y anulan pares rectificadores que son creados por vibracio-
30 nes angulares que se producen con el doble de la velocidad

1 de rotación del conjunto de articulaciones de flexión. Generalmente, el invento crea un conjunto de articulaciones de flexión que puede ser fabricado con facilidad con un ahorro, no sólo de tiempo sino también de costos.

5 El invento es aplicable también a juntas universales que tienen al menos dos elementos cardan, en que los ejes de flexión de cada elemento cardan tienen una orientación angular previamente determinada con respecto a los correspondientes ejes de flexión del otro elemento cardan, o
10 de los otros elementos cardan.

El invento se comprenderá mejor a partir de la siguiente descripción detallada de varias formas de realización del mismo, tomadas en unión con los dibujos, en que:

15 La figura 1 es una vista en perspectiva, despiezada, de piezas de plantilla para los miembros tubulares interior y exterior de una forma de realización de un conjunto de articulaciones de flexión;

20 La figura 2 es una vista en perspectiva de los miembros tubulares interior y exterior de la figura 1 cuando están montados en una primera posición angular relativa de alineación coaxial;

25 La figura 3 es una vista en perspectiva de los miembros tubulares interior y exterior de las figuras 1 y 2 cuando han sido mecanizadas para contener pares de aberturas completadas, radialmente alineadas, y pares de paletas de flexión radialmente adyacentes que tienen planos de flexión coplanares;

30 La figura 4 es una vista en perspectiva de los miembros tubulares interior y exterior de la figura 3, que ilustra un ejemplo del utillaje que se utiliza para formar

1 las rendijas en ellos;

Las figuras 5, 6, 7 y 8 constituyen un juego de proyecciones ortográficas, parcialmente en sección transversal, del conjunto de articulaciones de flexión completado que tiene un único elemento cardan, producidas a partir de los miembros tubulares de las figuras 1 a 4, después de rotación de un miembro tubular con respecto al otro miembro tubular;

La figura 9 es una vista en perspectiva, despiezada, en una segunda forma de realización del invento, que tiene dos elementos cardan intermedios adaptados para vibrar independientemente uno respecto del otro;

Las figuras 10a, 10b, 10c y 10d son cada una de ellas una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares de la forma de realización de la figura 9, que ilustra el método de fabricar esta forma de realización, particularmente la disposición de aberturas y rendijas dentro de ella;

Las figuras 11, 12 y 13 constituyen un juego de proyecciones ortográficas de la forma de realización de la figura 9, parcialmente en sección transversal;

Las figuras 14a, 14b, 14c y 14d son cada una de ellas una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares de una tercera forma de realización, similar a la forma de realización de la figura 9, ilustrando estas figuras el método de fabricación de esta forma de realización y la disposición de aberturas y rendijas dentro de ella;

La figura 15 es una vista en perspectiva, despiezada, de una cuarta forma de realización del invento

1 que comprende dos cilindros rectos coaxiales;

Las figuras 16a, 16b y 16c son, cada una de ellas una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares, que ilustra el método de fabricar la forma de realización de la figura 15 y la disposición de aberturas y rendijas dentro de ella;

Las figuras 17a, 17b y 17c son, cada una de ellas, una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares de una quinta forma de realización, similar a la forma de realización de la figura 15, ilustrando estas figuras el método de fabricar esta forma de realización y la disposición de aberturas y rendijas dentro de ella;

La figura 18 es una vista en perspectiva, despiezada, de una sexta forma de realización del invento, que tiene un par de elementos cardan vibratorios intermedios independientes, estando desplazados los centros de gravedad de los dos elementos cardan en direcciones opuestas desde el punto de pivotamiento común;

Las figuras 19, 20 y 21 son, cada una de ellas, una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares, que ilustra la disposición de aberturas y rendijas, de la forma de realización de la figura 18 y el método de fabricar esta forma de realización;

La figura 22 es una vista en sección transversal del miembro tubular interior de las figuras 20 y 21;

La figura 23 es una vista en sección transversal del miembro tubular exterior de la figura 19;

Las figuras 24a, 24b y 24c son, cada una de ellas, una vista desarrollada de uno de los miembros tubulares de una séptima forma de realización del invento, similar a la

1 forma de realización de la mostrada en la figura 15, que
ilustra una disposición alternada de aberturas y rendijas
en ella; y

5 La figura 25 es una vista en sección transversal
de un giroscopio que incorpora la forma de realización de
un conjunto de articulaciones de flexión tal como se ilus-
tra en las figuras 1 a 8.

10 El método de fabricar los conjuntos de articula-
ciones de flexión del invento se discute particularmente
en conexión con una descripción de una primera forma de
realización, mostrada en las figuras 1 a 8. La siguiente
descripción del método de fabricación para la forma de
realización de las figuras 1 a 8 es, en general, también
aplicable a la fabricación de las otras formas de realiza-
15 ción mostradas respectivamente en las figuras 9 a 13; la
figura 14; las figuras 15-16; la figura 17; las figuras
18-23; y la figura 24. Siguiendo la descripción general del
método de fabricación de la forma de realización de las
figuras 1 a 8 hay una descripción de las diferencias para
20 aplicar el método a la fabricación de las otras formas de
realización. La tabla 1 resume el método de fabricación
de todas las formas de realización excepto la forma de
realización de la figura 24. La tabla 2 expone modifica-
ciones respecto del método de fabricación general resumido
25 en la tabla 1 que comprende el método preferido de fabri-
cación de algunas formas de realización del invento. El
método expuesto en la tabla 2 es plenamente aplicable a la
forma de realización mostrada en las figuras 1-8 y en la
figura 17, y tal como se observa en ellas, es parcialmente
30 aplicable a la forma de realización mostrada en las figu-

1 ras 9-13 y en las figuras 18-23, y es inaplicable a las
formas de realización mostradas en la figura 14 y en las
figuras 15-17. La tabla 2 no es una exposición completa
del método alternativo, sino que debe ser leída en unión
5 con la tabla 1.

La numeración de los detalles de cada forma de
realización mostrada comienza con 00, 200, 400, 600, 800
y 1.000. Comenzando con los números de referencia 40, 240,
.... 1040, los detalles mutuamente correspondientes de ca-
10 da forma de realización están numerados a intervalos de
200. Por ejemplo, las aberturas 40, 240, 440, 640, 840 y
1040 se corresponden entre sí, es decir cada una de ellas
es una de las dos aberturas que forman la paleta de fle-
xión en la posición de 0º del miembro tubular exterior.
15 Para números de detalles 00-40, 100-140, etc. existe una
correspondencia parcial pero no plena en la numeración de
detalles a intervalos de 200. Los utillajes y ejes geomé-
tricos son identificados por números de referencia impares
mientras que las partes de los conjuntos son números pares
20 establecidos.

Los detalles numerados en las tablas 1 y 2 prece-
didos por un asterisco (*) no son mostrados, la mayor par-
te de las veces debido a que no son visibles en los dibu-
jos. Para los detalles ahora mostrados, se deberá hacer
25 referencia al número de detalle correspondiente de otra
forma de realización, no precedido por un asterisco. Los
detalles de utillaje no mostrados pueden ser, en general,
similares a los detalles de utillaje correspondientes mos-
trados en las figuras 1-8. Por ejemplo, en la operación 8
30 de la tabla 1 el bloque de utillaje de graduación *209 (no

1 mostrado) puede ser un bloque de utillaje similar al blo-
que de utillaje 9 mostrado en la figura 2 y que se descri-
be más abajo. No todos los detalles de cada forma de reali-
zación están mostrados en los dibujos. Los dibujos de una
5 forma de realización similar puede mostrar un detalle co-
rrespondiente. Por ejemplo, los detalles 550 y 560 a que
se hace referencia en la operación 34 de la tabla 1 no es-
tán mostrados en la figura 14 pero las figuras 12 y 13 mues-
tran detalles correspondientes 350 y 360.

10 El conjunto de articulaciones de flexión muestra-
do en las figuras 1-8 incluye un miembro tubular interior
00 y otro miembro tubular exterior 02, ambos formados pre-
feriblemente a base de acero de alta resistencia mecánica
que tiene características de resorte altamente elásticas,
15 y que tienen un eje longitudinal común 01. Aunque los miem-
bros 00 y 02 se muestran axialmente separados en la figura
1 para facilitar la ilustración, éstos normalmente están
desplazados telescópicamente uno dentro del otro, es decir
el miembro 00 está acomodado dentro del miembro 02 de ma-
20 nera coaxial y concéntrica alrededor del eje de simetría
común 01. Tal como se verá en la descripción dada más aba-
jo, el método de fabricación crea articulaciones de fle-
xión en las paredes de los miembros 00 y 02 que se curvan,
es decir se flexionan alrededor de ejes de flexión 03 y 05,
25 los cuales ejes de flexión son ortogonales al eje longitu-
dinal, o común, 01 y que se intersectan en un punto de pi-
votamiento común 07 sobre el eje 01, véase la figura 2.

30 El miembro tubular exterior 02 es un cilindro cir-
cular recto que tiene un reborde 04 junto a un extremo. El
reborde 04 proporciona un montaje para una rueda de inercia.

1 es decir un rotor (no mostrado en la figura 1). El miembro 02 es sustancialmente un cilindro circular recto de materia prima para barra amolado para crear el reborde 04, tal como se muestra en la figura 1.

5 El miembro tubular interior 00 está formado también de materia prima para barra. La barra puede ser taladrada o cortada profundamente para formar una copa, es decir un cilindro circular recto que tiene un extremo cerrado.

10 Cuando se diseña un conjunto de articulaciones de flexión para una junta universal con el fin de utilizarla como la suspensión para un elemento rotor desde un árbol en un giroscopio de rotor libre, se debe prestar consideración a la colocación del centro de suspensión, es decir la colocación del punto de pivotamiento 07, a lo largo del eje 01. El requisito general para fabricar dicha suspensión es satisfecho por un momento de inercia del elemento cardan que es igual y opuesto al grado de elasticidad de las paletas de flexión. Si los ejes de rotación de un elemento rotor (no mostrado) y de un árbol de propulsión (no mostrado) no están alineados uno con el otro, cada elemento cardan debe vibrar hacia atrás y hacia delante para acomodar el movimiento relativo. Dado que el elemento cardan tiene una masa finita y un momento de inercia, debe recibir la acción de pares de torsión para producir este movimiento, y estos pares de torsión son producidos parcialmente por reacciones sobre el árbol de propulsión y parcialmente por reacciones sobre el elemento rotor. Los pares de torsión de reacción sobre el elemento rotor proporcionan un mecanismo de compensación. Matemáticamente,

20

25

30

1 estos pares de torsión de los elementos cardan son idénti-
cos a un grado de elasticidad en fase negativo. Pueden ser
ajustados para hacer que el elemento rotor se mueva en pre-
cesión en un cono pero en la dirección opuesta a la prece-
5 sión producida por la acción curvadora de las articulacio-
nes de flexión. El ajuste de los grados de elasticidad ne-
gativos de los elementos cardan para anular los grados de
elasticidad positivos de torsión con una velocidad de rota-
ción particular del rotor, es conocido como "sintonización"
10 del giroscopio. Las condiciones de sintonización de un gi-
roscopio de rotor libre que tiene un único elemento cardan
intermedio suspendido entre un rotor y un árbol se descri-
ben en un artículo titulado "Dynamically Tuned Free Rotor
Gyroscope" (giroscopio de rotor libre sintonizado dinámica-
15 mente), publicado en Control Engineering Junio 1964, pá-
ginas 67 a 72.

La rigidez de este grado de elasticidad negativo
dinámico es determinada por los momentos de inercia de los
elementos cardan. La presión par de torsión general está
20 dada por la rigidez del grado de elasticidad negativo:

grado de elasticidad dinámico

para cada elemento cardan = $N^2 (C-A-B)$

en que N = frecuencia de rotación, y A y B son
momentos de inercia de cardan alrededor de los ejes de fle-
25 xión, mientras que C es el momento de inercia del elemento
cardan alrededor del eje de rotación y alrededor de los
ejes de flexión. La magnitud del grado de elasticidad efec-
tivo es proporcional al momento de inercia del elemento
cardan alrededor del eje de rotación menos los momentos de
30 inercia alrededor de los dos ejes de pivotamiento. Si el

1 elemento cardan fuese infinitamente delgado, esta expresión
se aproximaría a cero, ya que el grado de elasticidad nega-
tivo es proporcional a la altura del elemento cardan en la
dirección del eje de rotación. En la práctica, los grados
5 de elasticidad positivos de las articulaciones flexibles
individuales están acomodados preferiblemente uno a otro
dentro de una precisión de aproximadamente cinco por cien,
y la altura efectiva de cada elemento cardan puede ser
ajustada, si es necesario, por medio de tornillos de ajus-
10 te o suprimiendo material desde los elementos cardan de
manera tal que el grado de elasticidad total sea sustancial-
mente cero.

Con un giroscopio para funcionar en el modo li-
bre (no capturador) un grado de elasticidad directo, o ne-
15 to en fase - tal como se le denomina - causa una nutación
del elemento rotor (un ligero movimiento cónico) que es
directamente proporcional a la extensión en que el eje de
rotor está desfasado del eje de rotación. Por ejemplo, un
grado de elasticidad directo aparece si la frecuencia de
20 rotación es diferente de la frecuencia sintonizada de la
suspensión cardan, es decir si la suspensión no está per-
fectamente sintonizada. El par de torsión es desarrollado
alrededor del mismo eje que el desplazamiento inicial, lo
cual a su vez hace que el rotor se mueva en precesión al-
25 rededor de un eje en ángulo recto con respecto al eje de
desplazamiento. Dado que no hay disipación de energía en
esta elasticidad, el eje de rotación del rotor no vuelve
al eje de rotación del árbol sino que continúa en precesión
en un cono alrededor del eje del árbol.

30 La magnitud del grado de elasticidad en fase pa-

1 ra condiciones desintonizadas es

$$\dot{\theta} / \theta = (\Delta N) / F_m$$

5 en que ΔN es la diferencia entre la frecuencia sintonizada y la frecuencia de rotación real y F_m es un término denominado coeficiente de calidad. F_m para cualquier instrumento dado es igual a HN/K_T , en que H es el momento angular del elemento rotor, N es la frecuencia de rotación, y K_T es la suma de todos los grados de elasticidad por torsión de la suspensión de articulaciones. Un grado de elasticidad en fase neto debido a la desintonización es evitado ajustando los momentos de inercia de los elementos cardan de la manera imaginada más abajo. El conjunto de articulaciones de flexión del invento puede ser montado en un

10 giroscopio que está sustancialmente libre de pares de torsión, erróneos que se producen debido a la rectificación de vibraciones angulares que aparecen con una frecuencia igual al doble de la frecuencia de rotación del elemento rotor. Los cojinetes de bolas utilizados para soportar el

15 árbol producen vibraciones angulares en armónicas de la frecuencia de rotación. A menos que se efectúen ajustes compensatorios, los giroscopios de rotor sintonizado rectificarán dichas vibraciones angulares con el doble de la frecuencia de rotación. Este efecto puede ser severo, típicamente del orden de 5°/hora/ por segundo de arco de amplitud

20 de la vibración con una frecuencia doble de la frecuencia de rotación. Dichos pares de error rectificadas pueden ser sustancialmente evitados por diseño apropiado de los momentos teóricos de inercia de los elementos cardan y, si es

25 necesario, por ajuste de los momentos de inercia reales.

30

1 Para explicar más completamente este invento, se
da un ejemplo en que las articulaciones de flexión a lo lar-
go de un eje de flexión de un elemento cardan son relativa-
mente rígidas en comparación con la rigidez de las articu-
5 laciones a lo largo del otro eje de flexión del elemento
cardan. Si el giroscopio es sometido a vibración angular,
las articulaciones deben curvarse en una magnitud igual a
la amplitud de la vibración, produciendo de esta manera un
par de torsión de elasticidad directo en el elemento rotor.
10 Normalmente, estos pares de torsión de elasticidad se pro-
mediarán a cero a lo largo de cada ciclo de vibración, pero
no en el caso de vibración sincrónica con el doble de la fre-
cuencia de rotación, $2N$. En el peor de los casos los se-
miciclos positivos de desplazamiento angular curvarán una
15 articulación de flexión rígida mientras que los semiciclos
negativos curvarán una articulación de flexión débil, es
decir una articulación de flexión menos rígida. El resulta-
do es un par de torsión medio neto del elemento de rotor.
Para articulaciones de flexión reales, este efecto puede
20 ser evitado prácticamente mediante diseño cuidadoso de los
grados de elasticidad de las articulaciones de flexión.

 No obstante, el grado de elasticidad dinámico
negativo producido por el movimiento de cada elemento car-
dan es altamente asimétrico. Para explicar más completamen-
25 te este fenómeno, supóngase que se aplica una velocidad an-
gular alrededor de un eje fijo con respecto al alojamiento
del instrumento. El par de torsión transmitido al elemento
rotor en cualquier instante establecido es una función de
la posición del elemento rotor en ese instante. Para un
30 único elemento cardan, puede verse que el elemento cardan

1 es obligado a seguir la velocidad angular del árbol cuando
el eje de flexión fijado al árbol está en ángulo recto res-
pecto al eje de la velocidad de entrada, pero no es obliga-
do a seguir al árbol cuando está en línea con el eje de la
5 velocidad de entrada (a causa de su baja rigidez de torsión).
Esencialmente, entonces, el elemento rotor es alternativa-
mente torsionado con altos pares de torsión giroscópicos
cuando la velocidad angular de entrada actúa sobre el ár-
bol de propulsión alrededor del eje de flexión fijado al
rotor de un elemento cardan, pero no es torsionado con al-
10 tos pares giroscópicos cuando la velocidad angular de entra-
da del árbol de propulsión actúa alrededor del eje de fle-
xión fijado al árbol de ese elemento cardan. Si se puede
cumplir una condición tal que las elevadas velocidades an-
15 gulares en una dirección se producen cuando hay un intenso
acoplamiento giroscópico con el elemento rotor, pero para
las elevadas velocidades angulares en la dirección opuesta
los pares de torsión transmitidos son muy débiles, enton-
ces habrá una rectificación neta en favor de la dirección
20 de acoplamiento elevado. Dicha condición existe para entra-
das de vibración angular con el doble de la frecuencia de
rotación y sólo con esta frecuencia. No obstante, el análi-
sis ha mostrado que este efecto de rectificación es anulado
por los pares de torsión aplicados al elemento rotor por un
25 segundo elemento cardan apropiadamente acoplado fijado en
ángulo recto con respecto al primero, que tiene su momento
de inercia acoplado para anular efectivamente los vectores
de par de torsión de los dos elementos cardan.

El conjunto de articulaciones de flexión del in-
30 vento puede ser fabricada en formas de realización que tie-

1 nen dos elementos cardan independientes, con inercias de car-
dan destinadas a lograr anulación de los grados de elasticidad y anulación de pares debidos a vibraciones alrededor de
ejes de entrada fijados a la caja envolvente con el doble de
5 la frecuencia de rotación. Por ejemplo, los elementos cardan rectificaran $2N$ vibraciones, pero los pares de torsión de rectificación serán iguales y opuestos, con tal que los elementos cardan estén ajustados cuidadosamente para esta característica. El ajuste puede ser logrado con pesos equilibradores o se puede retirar material de un elemento cardan. La patente de los Estados Unidos número 3.678.764 describe de modo más completo las ecuaciones de movimiento de tal giroscopio, las condiciones de sintonización, y las condiciones para supresión sustancial de errores, es decir
10 libradores o se puede retirar material de un elemento cardan. La patente de los Estados Unidos número 3.678.764 describe de modo más completo las ecuaciones de movimiento de tal giroscopio, las condiciones de sintonización, y las condiciones para supresión sustancial de errores, es decir
15 inexactitudes, provocados por pares aplicados con una frecuencia del doble de la velocidad de rotación del rotor, es decir la frecuencia de rotación.

La aplicación de estos principios a las formas de realización aquí descritas será apreciada mejor después
20 de leer la siguiente descripción del diseño de aberturas y rendijas mediante el cual cada uno de los miembros 00 y 02 está dividido en un elemento propulsor, un elemento cardan y un elemento propulsado, tal como se muestra en las formas de realización de las figuras 1-8 y figuras 9-13. Al aplicar estos principios, la colocación del punto de pivotamiento 07 a lo largo del eje 01 es calculada para hacer que el
25 momento de inercia de las porciones finalmente remanentes de los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 en una dirección axial desde el punto de pivotamiento 07, sea
30 de magnitud igual al momento de inercia de las porciones

1 finalmente remanentes de los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 en la otra dirección axial desde el punto de pivotamiento 07. La masa de los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 utilizados para este cálculo no
5 incluye material retirado cuando se producen las aberturas o las rendijas que se describen abajo como miembros divisores 00 y 02 para formar un elemento propulsor, un elemento cardan y un elemento propulsado, o el material de miembros 00 y 02 dispuestos radialmente hacia dentro desde el reborde 04. En todas las formas de realización aquí mostradas, la inercia de cardan anula el grado de elasticidad de las paletas de flexión. Algunas de las formas de realización tienen elementos cardan conectados para anular pares de torsión rectificadas que se producen debido a vibraciones
10 angulares con el doble de la frecuencia de rotación del rotor, es decir la frecuencia de rotación, o velocidad de rotación.

En la primera operación de fabricación de la forma de realización mostrada en las figuras 1-8, el diámetro exterior del miembro tubular interior 00 es amolado a una longitud previamente determinada. Luego, la abertura 06 es taladrada en el extremo cerrado del miembro tubular interior 00. La abertura 06 es de un tamaño que se acopla a un árbol de propulsión (no mostrado). El diámetro interior del miembro tubular exterior 02 es rectificado para obtener un acoplamiento entre los miembros 00 y 02, conocido para los mecánicos como un "acoplamiento de empuje". El acoplamiento entre los miembros 00 y 02 debe ser tal que éstos pueden ser separados uno del otro. Los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 son movidos telescópicamente uno dentro del
20
25
30

1 otro en una posición relativa concéntrica coaxial y luego
son amolados a la misma longitud.

5 Un bloque de graduación 09 puede ser utilizado
para facilitar la fabricación de un conjunto de articula-
ciones de flexión a partir de los miembros tubulares inte-
rior y exterior 00 y 02 colocados concéntrica y coaxialmen-
te. El bloque de graduación 09 está adaptado para ser hecho
girar 360° en escalones de 90° alrededor de los ejes 01, y
hecho girar 360° en escalones de 90° alrededor del eje 03,
10 es decir en aproximadamente 360° en un plano horizontal,
según se ve en la figura 2. Los ejes 01, 03 y 05 se mues-
tran todos ellos en la figura 2. El bloque graduador 09
puede ser colocado con precisión a intervalos de 90° alre-
dedor del eje 01 y colocado con precisión a intervalos de
15 90° alrededor del eje 03. El funcionamiento del bloque gra-
duador 09 es descrito en términos del eje 03 sólo por razo-
nes de conveniencia. Los ejes 01, 03 y 05 son ejes imagina-
rios fijados en el espacio, mostrados para ilustrar el mé-
todo de fabricación, ya que éstos no han de ser visualiza-
dos para girar o moverse cuando los miembros 00 y 02 son
20 hechos girar. Alternativamente, podría utilizarse un equi-
po de utillaje que pudiera ser susceptible de girar alrede-
dor de la circunferencia de los miembros 00 y 02.

25 Unos agujeros de graduación radiales 10 y 12 y
unos agujeros de graduación radiales 14 y 16 son taladra-
dos a lo largo de diámetros colineales del miembro tubular
exterior 02 y del miembro tubular interior 00, respectiva-
mente. Se utilizan técnicas de mecanización convencionales
para taladrar agujeros 10 y 14 simultáneamente y agujeros
30 12 y 16 simultáneamente. Estos agujeros radiales son utili-

1 zados para mantener una alineación de precisión entre los miembros 00 y 02 durante las subsiguientes operaciones de fabricación del conjunto de articulaciones de flexión, tal como se describe más abajo.

5 Un pasador 13 que en esencia es un elemento de sujeción de estructura conocida y una arandela 15, mostrada en la figura 2, son utilizados para montar los miembros coaxiales 00 y 02 sobre el bloque de graduación 09. La arandela 15 tiene de manera sustancial, aunque no necesaria,
10 exactamente el mismo diámetro que el diámetro exterior del miembro tubular exterior 02. El pasador 13 sujeta a los miembros 00 y 02 entre la arandela 15 y el bloque de graduación 09. El árbol del pasador 13 tiene agujeros de graduación 29, 31, que se extienden radialmente. El agujero de graduación 31 no es visible en la figura 2. El pasador 13
15 está dimensionado de manera tal que las líneas de centros de los agujeros 10, 12, 14, 16, 29 y 31 coinciden para situarse sobre un eje común cuando los miembros 00 y 02 son montados en el bloque de graduación 09.

20 Las espigas de graduación 33 y 35 son utilizadas para mantener alineación entre miembros 00 y 02 y el bloque de graduación 09 durante la fabricación. La espiga 33 es insertada dentro de agujeros 10 y 14, la espiga 35 es insertada dentro de agujeros 12 y 16. Luego, los miembros 00 y 02
25 son montados en posición coaxial sobre el bloque de graduación 09 utilizando el pasador 13 y la arandela 15. Luego, los miembros 00 y 02 son hechos girar alrededor de su eje común 01 hasta que las espigas de graduación 33 y 35 puedan ser empujadas, respectivamente, dentro de orificios 29 y 31.

30 Haciendo ahora referencia particularmente a la fi-

1 gura 2, se muestran aberturas 40 y 42 cuando éstas son for-
madas por medio de un útil 41. El útil 41 es un útil de me-
canización por descarga eléctrica (MDE). La mecanización
5 por descarga eléctrica es una tecnología conocida para for-
mar paletas de flexión. Las patentes y la bibliografía que
describen técnicas MDE incluyen la patente de los Estados
Unidos número 3.585.866 y un manual de procedimientos de
mecanización titulado "Electrical Machining, Spark-Erosion
10 Machines, Technology Generators" (Generadores tecnológicos,
máquinas de erosión por chispas y mecanización eléctrica)
que está disponible de la Charmilles Engineering Works Ltd.,
Ginebra, Suiza. La mecanización por descarga eléctrica está
descrita también en un libro titulado "Electrical Discharge
15 Machining for the 1970's" (Mecanización por descarga eléc-
trica para los años 1970) por Leland J. Quackenbush y Wi-
lliam N. Lawrence. El libro está disponible del Industrial
Development Division Institute of Science and Technology,
The University of Michigan, 2200 North Campus Boulevard,
Ann Arbor, Michigan 48105, Estados Unidos.

20 Una máquina de descarga eléctrica Charmilles D10
puede ser utilizada con electrodos especialmente diseñados
para producir cortes que crean aberturas y rendijas en miem-
bros tubulares 00 y 02.

Haciendo referencia ahora a las figuras 2-8, cada
25 penetración de útil MDE 41, que se produce radialmente ha-
cia dentro, crea un par de aberturas, tal como pares de
aberturas 40, 42 y 54, 58 de las cuales las dos aberturas
adyacentes están separadas por una delgada paleta de flexión
44 y 56, respectivamente, en la pared cilíndrica del miem-
30 bro tubular exterior 02 y del miembro tubular interior 00,

1 respectivamente, siendo las paletas de flexión formadas a
través de ambos miembros tubulares por una única penetra-
ción creadas de modo simultáneo y alineadas mutuamente en
sentido radial, es decir coplanariamente. De acuerdo con
5 las operaciones del método del invento hasta ahora explica-
do, se fabrica un conjunto de precisión de articulaciones
de flexión montando un par de miembros tubulares en una po-
sición coaxial, concéntrica, también denominada telescópi-
ca, y formando pares de paletas de flexión radialmente ad-
10 yacentes, coplanares, en los miembros tubulares interior y
exterior. Tal como se describirá más aún seguidamente, es-
tas operaciones son seguidas por la operación de corte de
rendijas dentro de los miembros tubulares las cuales ren-
dijas interconectan pares de aberturas, seguido por la ope-
15 ración de hacer girar los miembros tubulares interior y ex-
terior uno con respecto al otro, y de fijar porciones de
uno de los miembros tubulares a porciones del otro de los
miembros tubulares en la posición girada, para formar de
esta manera una pluralidad de articulaciones de flexión.
20 Cada una de las articulaciones de flexión resultantes com-
prende un par de paletas de flexión mutuamente ortogonales,
una paleta de flexión en el miembro tubular exterior y una
paleta de flexión en el miembro tubular interior, definien-
do las dos articulaciones de flexión un eje de flexión co-
25 mún. El diseño de paletas de flexión es seleccionado apro-
piadamente para permitir en primer lugar, antes de rotación,
la formación de cuatro pares de paletas de flexión radial-
mente adyacentes a intervalos de 90° alrededor de la circun-
ferencia de los miembros tubulares, seguido por la operación
30 de hacer girar los miembros tubulares uno con respecto al

1 Otro a través de un ángulo previamente determinado, para
crear de este modo cuatro articulaciones de flexión, cada
una de las cuales tiene un par de paletas de flexión mutua-
mente ortogonales.

5 A partir de la ilustración de la figura 2, puede
verse que cada paleta de flexión, tal como la paleta de fle-
xión visible 44 o la paleta de flexión 56, está formada por
un resto muy delgado de la pared cilíndrica de un miembro
tubular, tal como queda entre dos aberturas. Una paleta de
10 flexión es entonces una paleta sustancialmente delgada, ca-
si plana, que constituye un elemento bidimensional que de-
fine un plano de flexión 54 que se extiende a través de
ella y separa las dos aberturas una de otra. Este plano es
mencionado aquí como un plano de flexión, siendo definido
15 uno por cada paleta de flexión. El plano de flexión defini-
do por el eje longitudinal 55 de una paleta de flexión y
por el eje de flexión 05, está mostrado en la figura 2 como
un ejemplo de un plano de flexión.

La ortogonalidad de las paletas de flexión de ca-
20 da articulación de flexión da como resultado el efecto de
que el conjunto de articulaciones de flexión tendrá la rigi-
dez de translación deseada, sustancialmente igual, en las
direcciones radial y axial. Esta característica es conocida
como isoelasticidad. Tampoco el plano de flexión de las pa-
25 letas de flexión de una articulación de flexión necesita
ser paralelo o perpendicular al eje longitudinal, que duran-
te el funcionamiento es, en esencia, el eje de rotación del
conjunto de articulaciones de flexión. En la mayor parte
de las formas de realización aquí mostradas, los dos planos
30 de flexión de cada articulación de flexión forman ángulos

1 de 45° con el eje común, o eje de rotación, pero en direc-
ciones opuestas. La experimentación con un conjunto de ar-
ticulaciones de flexión particular indicará cualquier des-
viación desde dicho diseño de 45° - 45° necesario para lo-
5 lograr la isoelasticidad. Desde luego, se puede utilizar tam-
bién un diseño de 0° - 90°, tal como se describe más abajo
de modo más particular.

El método de fabricación de conjuntos de articu-
laciones de flexión de acuerdo con el invento es aplicable
10 a numerosas configuraciones de aberturas y rendijas, tal
como se verá en la descripción que se da seguidamente de
otras formas de realización. Todas las formas de realiza-
ción del invento incluyen la disposición de pares de pale-
tas de flexión radialmente adyacentes, coplanares, en los
15 miembros tubulares interior y exterior 00 y 02, seguido
por la operación de hacer girar los miembros 00 y 02 uno
con respecto al otro y de fijar partes de un miembro a
partes del otro miembro, para crear de este modo articula-
ciones de flexión, tal como se describe más arriba.

20 De acuerdo con el método general de fabricación
aplicable a todas las formas de realización y resumido en
la tabla 1, un par de paletas de flexión radialmente adya-
centes, coplanares, está formado en miembros tubulares 00
y 02 tal como se muestra en la figura 2, y luego los miem-
25 bros 00 y 02 son hechos girar a la siguiente posición en
que se forma el siguiente par de aberturas. En una varian-
te preferida del método general, dos pares de paletas de
flexión diametralmente opuestas son fabricados antes de ha-
cer girar los dos miembros a la siguiente posición. Esta
30 variante del método general de fabricación es discutida se-

1 guidamente y está resumida en la tabla 2. No es aplicable
a todas las formas de realización.

5 Continuando ahora con una discusión del método
general de fabricación aplicable a todas las formas de rea-
lización, puede verse en las figuras 2-8 que una penetra-
ción del útil 41 creará aberturas 40 y 42 en el miembro
tubular exterior 02 y aberturas 46 y 48 en el miembro tubu-
lar interior 00. La porción del miembro 02 entre aberturas
10 40 y 42 constituye la paleta de flexión 44. Tal como se
muestra en la figura 6, que ilustra el conjunto después de
rotación, la paleta de flexión 50 es creada justamente por
debajo de la paleta de flexión 44 y entre aberturas 46 y
48. La formación de aberturas y rendijas es descrita más
abajo como producida por una única penetración de un útil
15 MDE en una posición. Ha de entenderse que la frase "una úni-
ca pasada" incluye también una pasada con un útil configu-
rado de un modo aproximado, y una o más pasadas de acabado
de un útil dimensionado con precisión.

20 El bloque de graduación 09 es luego hecho girar
en 90° alrededor del eje 01 y es fijado en la nueva posi-
ción. La siguiente penetración del útil 41 forma aberturas
52 y 54 en el miembro tubular exterior 02 y aberturas 58
y 60 en el miembro tubular interior 00, creando paletas
de flexión 56 y 62, respectivamente.

25 Luego, el bloque de graduación 09 es hecho girar
en 90° en sentido dextrorso en un plano horizontal alrede-
dor del eje 03 y es hecho girar en 90° alrededor del eje
01. En la forma de realización de las figuras 1 a 8, se for-
marán finalmente articulaciones de flexión haciendo girar
30 los miembros interior y exterior alrededor de un ángulo de

1 180° uno con respecto al otro. Si el útil 41 fuese hecho pe-
netrar nuevamente a través de los miembros 00 y 02 sin una
rotación de 90° alrededor del eje 03, la subsiguiente rota-
ción de los miembros 00 y 02 uno con respecto al otro no da-
5 ría como resultado paletas de flexión radialmente adyacen-
tes, orientadas ortogonalmente entre sí. En lugar de ello,
las paletas de flexión radialmente adyacentes, después de
dicha rotación, serían todavía coplanarias, es decir los
planos de flexión de las paletas de flexión coincidirían
10 todavía unos con otros.

La siguiente penetración del útil 41 forma abertu-
ras 64 y 66 en el miembro tubular exterior 02 y aberturas
70 y 72 en el miembro tubular interior 00, creando de esta
manera paletas de flexión 68 y 74, respectivamente.

15 El bloque de graduación 09 es hecho girar nueva-
mente en 90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01. No
se efectúa en este momento ninguna rotación del bloque de
graduación 09 alrededor del eje 03. El útil 41 es hecho pe-
netrar a través de los miembros 00 y 02 para formar abertu-
20 ras 76 y 78 en el miembro 02, así como aberturas 82 y 84 en
el miembro 00, creando de este modo paletas de flexión 80
y 86, respectivamente.

Luego el bloque de graduación es hecho girar en
90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01 y 90° en sen-
25 tido sinistrorso alrededor del eje vertical 03, para devol-
ver al bloque a su posición inicial.

Con el fin de resumir las operaciones en que se
producen las dieciseis aberturas, puede verse que las cuatro
aberturas de cada grupo de dos pares de aberturas radialmen-
30 te adyacentes son producidas en una única pasada del útil

1 41. Con la orientación del útil 41 tal como se muestra en
la figura 2, los dos pares de aberturas 40, 42 en el miem-
bro 02 y aberturas 46, 48 en el miembro 00 son producidos
tal como se ve en las figuras 2 y 3. Después de la primera
5 rotación en 90° alrededor del eje 01, son formados los se-
gundos dos pares de aberturas 52, 54 y 58, 60. Para la pro-
ducción de los siguientes dos pares de aberturas 64, 66 y
70, 72 que no son visibles en la figura 2 pero se muestran,
por ejemplo, en la figura 3, el conjunto será hecho girar
10 nuevamente en 90° alrededor del eje 01, y la misma afirma-
ción se aplica de nuevo para los cuarto y último dos pares
de aberturas 76, 78 y 82, 84, visibles en las figuras 2 y 3.
Tal como se ilustra también en la figura 3 y se explica más
abajo con mayor detalle, para los dos pares últimamente pro-
15 ducidos de aberturas que se ven en el interior del conjunto
según se mira en la figura 3, para los fines de esta forma
de realización, sería necesario que el útil 41 fuese hecho
girar alrededor de su propio eje, que coincide con el eje
03 en la figura 2, con el fin de dejar paletas de flexión,
20 tales como paletas 74 y 86 en el miembro tubular interior
00, entre las aberturas, las cuales paletas de flexión es-
tán orientadas en 90° con respecto a las paletas de flexión
entre los dos pares primeramente producidos de aberturas.
Dado que el útil 41 está fijado en la máquina de descarga
25 eléctrica, se encontró que es más práctico trabajar tal co-
mo se expone anteriormente, a saber que el conjunto de los
dos miembros tubulares 00 y 02 sea hecho girar alrededor
del eje 03 y esto, desde luego, tiene el mismo efecto que
si no se hubiera producido dicha rotación sino que hubiera
30 sido hecho girar el útil 41. La diferente orientación de

1 las aberturas y, de este modo, de las paletas de flexión
entre las aberturas, cuando se producen en las primera, se-
gunda, tercera y cuarta zonas en una separación de 90°, y
formadas en esa sucesión, que ha sido seleccionada para la
5 ilustración y descripción anterior, tiene la finalidad ya
mencionada arriba, a saber que, después de terminación del
proceso de mecanización y cuando los dos miembros tubulares
00 y 02 han sido hechos girar uno con respecto al otro en
180°, las paletas de flexión que de este modo quedan radial-
10 mente adyacentes una a la otra formarán los ángulos de 90°
requeridos para las condiciones de igual rigidez de torsión
para crear la isoelasticidad requerida.

En las operaciones que siguen inmediatamente a la
formación de las aberturas pero, como regla general, antes
15 de la rotación, se formarán rendijas paralelas en las pare-
des de los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02.
Para formas de realización en que unas rendijas paralelas
al eje común longitudinal 01 están en alineación radial,
puede ser formada una rendija en ambos miembros tubulares
20 exterior e interior, sucesivamente, es decir por una única
pasada del útil. No obstante, cuando las rendijas no están
en alineación radial, los miembros tubulares interior y ex-
terior deben ser separados y las rendijas deben ser produ-
cidas por separado en cada miembro. Algunas de las formas
25 de realización tienen rendijas producidas separadamente en
cada miembro. Algunas de las formas de realización tienen
rendijas paralelas al eje 01 que incluyen no sólo rendijas
radialmente adyacentes, alineadas, sino dos pares de rendi-
jas en lados opuestos de miembros 00 y 02 que están en ali-
30 neación. Dichos pares de rendijas alineadas, yuxtapuestas,

1 pueden ser producidos por una variante del método general de fabricación abajo descrito y resumido en la tabla 2.

Volviendo ahora a la descripción del método general de fabricación, rendijas paralelas al eje 01 son formadas en los miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 sin retirar los miembros 00 y 02 de su posición coaxial sobre el pasador 13, mostrado en la figura 2. El útil 41 es retirado de la máquina de descarga eléctrica y se le reemplaza por el útil 89, mostrado en la figura 4. El útil 89 es otro útil MDE que puede ser un único útil. El útil 89 es mostrado como colocado para formar la rendija 88. Luego el útil 89 puede ser movido a lo largo del eje 05 a la posición correcta para formar la rendija 90. El útil 90 puede ser también un útil de doble cuchilla, que podría formar simultáneamente rendijas 88 y 90. La siguiente descripción supone la utilización de un útil de doble cuchilla 89.

La primera penetración de dicho útil de doble cuchilla 89 forma rendijas 88 y 90 en el miembro tubular exterior 02 y rendijas 104 y 106 en el miembro tubular interior 00. Luego, el bloque de graduación 09 es hecho girar 90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01. La siguiente penetración del útil 89 forma rendijas 92 y 94 en el miembro 02 y rendijas 108 y 110 en el miembro 00.

25 El bloque de graduación 09 es hecho girar nuevamente 90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01. La siguiente penetración del útil 89 forma rendijas 96 y 98 en el miembro 02 y rendijas 112 y 114 en el miembro 00.

30 El bloque de graduación 09 es hecho girar nuevamente en 90° alrededor del eje 01. La penetración final

1 del útil 89 forma rendijas 100 y 102 en el miembro 02 y ren-
dijas 116 y 118 en el miembro 00. Luego el bloque de gradua-
ción puede ser hecho girar 90° en sentido dextrorso para
devolver a los miembros 00 y 02 a su posición original.

5 Se hace referencia al útil 119 mostrado en la fi-
gura 4. El útil 119 es otro útil MDE utilizado para formar
rendijas en las paredes de los miembros 02 y 00. Se verá
a partir de la orientación del útil 112 con respecto a los
miembros 00 y 02 que la penetración del útil 119 creará
10 rendijas en miembros 00 y 02 que son generalmente ortogona-
les a la dirección del eje común 01. En la figura 4, el
útil 119 es mostrado penetrando en una dirección ortogonal
al eje 01 y a la dirección de penetración del útil 89 y del
útil 41. La dirección de la penetración de útiles 41 y 89
15 ha sido ilustrada como la dirección vertical. En la prácti-
ca, el útil 119 sería sustituido por el útil 89 y de este
modo se movería a lo largo de una línea vertical. La siguien-
te descripción supone que las aberturas 40 y 42 y las rendi-
jas 88 y 90 son las más superiores y supone que el útil 119
20 sustituye al útil 89 en su posición, en lugar de la posición
en que está mostrado.

La primera penetración del útil 119 forma rendijas
arqueadas 120 y 128 en miembros 02 y 00 respectivamente. La
rendija 120 se conecta con la rendija 90 y la rendija 92.
25 La rendija 128 se conecta con la rendija 106 y la rendija
108. De este modo, hay una rendija continua entre aberturas
42 y 52 y otra rendija continua entre aberturas 48 y 58.

El bloque de graduación 09 es hecho girar luego
90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01. La siguiente
30 penetración del útil 119 forma rendijas 122 y 130 en miem-

1 bros 02 y 00 respectivamente. Las rendijas 94, 122 y 96
conectan aberturas 54 y 64. Las rendijas 110, 130 y 112 co-
nectan aberturas 60 y 70. No todas las rendijas están mos-
tradas en las figuras 4-8. Se utilizan números correspon-
5 dientes en otras formas de realización descritas más adelan-
te. Estas pueden ser mencionadas como una ayuda para com-
prender la interconexión de aberturas por la serie de ren-
dijas, véanse particularmente las figuras 11b y 11c. Se re-
cordará que detalles correspondientes en las diversas formas
10 de realización están numerados a intervalos de 200.

El bloque de graduación 09 es hecho girar nueva-
mente 90° en sentido dextrorso alrededor del eje 01. La si-
guiente penetración del útil 119 forma rendijas 124 y 132
en miembros tubulares 02 y 00, respectivamente.

15 Luego el bloque de graduación 09 es hecho girar
en sentido dextrorso alrededor del eje 01 en un ángulo de
90° hasta la posición de 270°. La siguiente penetración del
útil 119 forma rendijas 126 y 134 en miembros tubulares 02
y 00.

20 Después de haber producido todas las aberturas,
las rendijas axiales y las rendijas periféricas arqueadas,
tal como se ha descrito, los miembros tubulares 00 y 02
son retirados del bloque de graduación 09 desaplicando las
espigas de graduación 33 y 35 respecto de los agujeros de
25 graduación 29 y 31, respectivamente. No obstante, las espi-
gas de graduación 33 y 35 no son retiradas continuamente y
continúan sujetando los miembros tubulares interiores y ex-
teriores 00 y 02 en una alineación exacta uno con respecto
al otro. El pasador 13 es retirado del bloque de graduación
30 09, liberando de este modo al conjunto restante de los miem-

1 bros tubulares interior y exterior 00 y 02.

 Utilizando técnicas convencionales de mecaniza-
ción, los miembros tubulares 00 y 02 pueden ser montados
para facilitar una penetración vertical de un útil MDE a
5 lo largo del eje longitudinal 01. Se hace referencia a la
figura 4 en donde se muestra un cuarto útil MDE 145. El
útil MDE 145 está configurado para cortar una sucesión de
rendijas siguiendo una línea cerrada con la forma ilustra-
da, para formar miembros tubulares 00 y 02. Las rendijas
10 136, 138, 140 y 142 pueden ser comprendidas del mejor de
los modos con referencia a la figura 5. Las rendijas 136,
138, 140 y 142 completan la operación de dividir los miem-
bros tubulares 00 y 02 en un elemento propulsor, un elemen-
to cardan, y un elemento propulsado.

15 El útil 145 es hecho penetrar dentro de miembros
00 y 02 por movimiento en la dirección del eje 01. El útil
145 es mostrado en una posición horizontal en la figura 4,
por razones de conveniencia de ilustración. La penetración
del útil 145 se realizaría normalmente en una dirección
20 vertical, tal como se describe arriba. La penetración del
útil 145 crea miembros propulsores exteriores 148a y 148b,
un elemento cardan exterior 152, elementos propulsados ex-
teriores 154a y 154b, elementos propulsores interiores 158a
y 158b, un cubo 160 y un elemento cardan interior 162 así
25 como elementos propulsados interiores 164a y 164b. La uti-
lización del término "exterior" se refiere a elementos que
forman parte del miembro tubular exterior 02. La utiliza-
ción del término "interior" se refiere a elementos que for-
man parte del miembro tubular interior 00.

30 El útil 145 es mezclado como un único útil que

1 forma una unidad. En la práctica, este útil puede ser reem-
plazado por varios útiles MDE diferentes, cada uno de los
cuales está diseñado para cortar una porción diferente de
todo el corte producido por el útil 145, tal como se ilus-
5 tra. Por ejemplo, un útil podría efectuar las porciones
circulares del corte y un segundo útil podría efectuar las
porciones con forma de U junto a cada extremo del corte.
Desde luego son posibles otras divisiones del contorno del
útil 145.

10 Una vez que han sido completadas todas las opera-
ciones que implican mecanización por descarga eléctrica,
uno de los dos elementos tubulares 00 y 02 es hecho girar
en 180º con respecto al otro y es mantenido en esta posi-
ción mediante espigas de graduación.

15 Seguidamente, cada porción de cada elemento en
el miembro tubular interior es unida con porciones de la
correspondiente porción del mismo elemento en el miembro
tubular exterior. La porción de elemento propulsor exte-
rior 148a es unida con la porción de elemento propulsor
interior 158a. La porción de elemento propulsor exterior
20 148b es unida con la porción de elemento propulsor inte-
rior 158b. Hay ahora una conexión rígida entre elementos
propulsores exteriores 158a y 158b y un árbol de propul-
sión (no mostrado) que estaría montado en la abertura 06.
25 Esta conexión rígida se realiza a través de elementos pro-
pulsos interiores 148a y 148b y el cubo 160.

30 El elemento cardan exterior 152 es unido al
elemento cardan interior 162. Se recordará que los miem-
bros tubulares 00 y 02 tenían una posición coaxial teles-
cópica de "acoplamiento por empuje" uno con respecto al

1 otro. La unión de los elementos cardan interior y exterior
152 y 162 respectivamente crea un único elemento cardan que
exhibirá características dinámicas como respuesta a pertur-
baciones del rotor, tal como se imagina en la patente de
5 los Estados Unidos 3.678.764.

Los elementos propulsados exteriores 154a y 154b
están unidos a elementos propulsados interiores 164a y 164b,
respectivamente. Así, hay una conexión rígida entre elemen-
tos propulsados interiores 164a y 164b y un rotor (no mos-
10 trado en las figuras 1-8) a través del reborde 04 y los
elementos propulsados exteriores 154a y 154b.

Las espigas de graduación son luego retiradas
del conjunto de articulaciones de flexión completado, pero
pueden ser dejadas insertadas para mantener una distribu-
15 ción uniforme de masas.

Se da seguidamente una descripción de otras formas
de realización del invento, tal como se muestran en las fi-
guras 9-13; la figura 14; las figuras 15-16; la figura 17;
y las figuras 18-23. El método general de fabricar estas
20 formas de realización está descrito también, pero sólo en
lo que el método difiere de la descripción anterior del mé-
todo de fabricar la forma de realización mostrada en las fi-
guras 1-8. En otras palabras, esta sección no contiene una
descripción completa del método de fabricar estas formas
25 de realización. Las tablas 1 y 2 incluyen todas las opera-
ciones de método básicas para fabricar estas formas de rea-
lización. Esta sección deberá ser leída en unión con las
tablas 1 y 2.

Haciendo referencia ahora a las figuras 9-13, se
30 muestran en ellas un miembro tubular interior 200 y un miem

1 bro tubular exterior 202. Por razones de conveniencia de
ilustración, la figura 9 muestra miembros 200 y 202 en una
vista despiezada y después de su rotación mútua, es decir
5 con articulaciones de flexión de pares de paletas de fle-
xión orientadas en sentido transversal. Los miembros 200
y 202 tienen un eje longitudinal 201 colineal, es decir
común. En esta forma de realización del invento, un elemen
to propulsor, un elemento cardan y un elemento propulsado
serán formados a partir de cada uno de los miembros 200 y
10 202. En otras palabras, esta forma de realización tendrá
dos elementos cardan intermedios capaces de moverse inde-
pendientemente en pequeños ángulos. Las características
dinámicas y la teoría de un conjunto de articulación de
flexión que tiene dos elementos cardan están descritas en
15 la patente de los Estados Unidos 3.678.764.

En esta forma de realización, articulaciones de
flexión que interconectan un elemento propulsor con un
elemento cardan y un elemento cardan con un elemento pro-
pulsado, son formadas de la manera arriba descrita para
20 la forma de realización de las figuras 1-8. Las articula-
ciones de flexión están compuestas cada una por un par de
paletas de flexión que tienen un eje de flexión común. Los
ejes ortogonales 203 y 205 son identificados como los ejes
de flexión que son perpendiculares al eje 201.

25 Cada uno de los miembros 200 y 202 comprende un
cilindro circular recto que tiene un extremo cerrado y un
reborde junto al extremo cerrado. El miembro tubular exte-
rior 202 incluye el reborde 204. El extremo cerrado del
miembro 202 tiene una abertura 208 formada en él para re-
30 cibir un árbol de propulsión (no mostrado). El reborde 204

1 tiene dos agujeros de graduación 210 y 212 radiales, opues-
tos diagonalmente, taladrados dentro de él. Un miembro ci-
lindrico coaxial 216 puede ser una parte del miembro tubu-
lar exterior 202 o puede ser un miembro separado. Con el
5 fin de realizar el método general de fabricación de la for-
ma de realización de las figuras 9-13 y de la figura 14, no
es necesario que el miembro cilíndrico 216 esté separado
de las porciones de miembro tubular exterior 202 arriba des-
critas. El miembro cilíndrico 216 es un distanciador que
10 limita el encaje del miembro 202 dentro del miembro 200.
Más particularmente, el miembro cilíndrico 216 distancia
el extremo abierto de cada miembro tubular respecto del
reborde del otro miembro tubular cuando los miembros tubu-
lares están en su posición encajada, normal, véase la figu-
15 ra 11, en que el miembro cilíndrico 216 es mostrado como
formando parte del miembro tubular 202, aunque esto no ne-
cesita ser así. Los miembros 200 y 202 están montados so-
bre el pasador 213, figura 9, en una posición encajada. La
tuerca 215 sostiene a los miembros 200 y 202 en una posi-
20 ción encajada sobre el pasador 213, topando el miembro ci-
lindrico 216 con el extremo cerrado interior del miembro
200. El manguito de utillaje 217 es un manguito utilizado
para mantener una alineación angular exacta de los miembros
200 y 202 uno con respecto al otro. El manguito de utilla-
25 je 217 tiene agujeros de graduación radiales 219 y 221 que
tienen líneas de centros sobre el mismo diámetro que los
agujeros 210 y 212. Las espigas de graduación 223 y 225 son
insertadas a través de agujeros de graduación radiales 219
y 210 y a través de agujeros de graduación radiales 221 y
30 212, respectivamente. Desde luego, los agujeros de gradua-

1 ción radiales en los rebordes 204 y 226 deben ser taladradados por separado.

5 El miembro tubular interior 200 tiene un reborde de 226 similar al reborde 204 situado en el miembro tubular exterior 202. El reborde 226 tiene dos agujeros de graduación radiales 228 y 230 taladrados en él. El miembro tubular interior 200 tiene una abertura 206 para recibir un árbol de propulsión (no mostrado) que pasa también a través de la abertura 208 en el miembro tubular exterior 202.

10 El manguito 217 tiene dos agujeros de graduación radiales 223 y 235 con líneas de centros sobre el mismo diámetro que los agujeros de graduación radiales 228 y 230. Las espigas de graduación 237 y 239 están insertadas en agujeros de graduación radiales 233 y 228 así como 235 y 230. La figura 9 ilustra los miembros 200 y 202 después de que el miembro 200 ha sido hecho girar en 180° con respecto al miembro 202 para crear pares de paletas de flexión radialmente adyacentes, que se cruzan mutuamente, similares a las de la forma de realización de las figuras 1-8, siendo descrito con detalle seguidamente el método para producir las paletas de flexión.

15

20

25 En la forma de realización mostrada en las figuras 9-13, el diámetro interior del miembro tubular exterior 202 es mayor que el diámetro exterior del miembro tubular interior 200. En otras palabras, no hay "encaje por empuje" tal como se describe arriba con respecto a la forma de realización de las figuras 1-8. También, el diámetro interior del miembro tubular interior 200 es mayor que el diámetro exterior del miembro cilíndrico 216. Así, cada uno de los dos elementos cardan que han de ser formados junto al

30

1 extremo abierto de miembros 200 y 202, respectivamente, estarán libres para moverse por pequeños ángulos sin entrar en contacto con el otro elemento cardan.

5 Pares de aberturas adyacentes son formados en las paredes de miembros 200 y 202 de la manera descrita arriba con respecto a las formas de realización de las figuras 1-8.

10 Las figuras 10a, 10b, 10c y 10d ilustran las operaciones de método básicas para fabricar esta forma de realización. La figura 10a muestra en una vista bidimensional, desarrollada, toda la periferia de los miembros tubulares encajados 200 y 202 en una etapa en que han sido formadas aberturas. Se observará que la línea de centros que representa el plano de flexión de las paletas de flexión del
15 miembro tubular exterior 202, a saber las paletas de flexión 280 y 244, son paralelas una a otra y las líneas de centros de las paletas de flexión 255 y 268 son también mutuamente paralelas. Además, las líneas de centros, es decir los planos de flexión de las paletas de flexión 280 y
20 244, están orientadas ortogonalmente con respecto a las líneas de centros, es decir planos de flexión, de paletas de flexión 256 y 268. Desde luego, detrás de cada una de estas cuatro paletas de flexión hay una paleta de flexión radialmente adyacente en el miembro tubular interior 200
25 que tiene superficies en las paredes de las aberturas que son coplanares con la paleta de flexión adyacente radialmente, en el miembro tubular exterior. Como las figuras 10a hasta 10c son vistas desarrolladas, los ejes de flexión 203 y 205 aparecen dos veces en cada una de estas fi-
30 guras.

1 Las figuras 10b y 10c muestran miembros tubula-
res 200 y 202, cada uno de ellos en una vista desarrol-
da y separado del otro, en una etapa después de que han si-
do producidas las rendijas. Obsérvese que las rendijas han
5 sido formadas pero el miembro 200 no ha sido hecho girar
con respecto al miembro 202. Aunque cada uno de los pares
de abertura en el miembro tubular interior 200 está en ali-
neación con un par de aberturas en el miembro tubular exte-
rior 202, las rendijas no están en alineación, tal como
10 puede verse también en la figura 9, y por lo tanto las ren-
dijas en esta forma de realización pueden no ser formadas
con los miembros 200 y 202 en una posición encajada común
coaxial.

La figura 10d deberá ser vista en unión con la
15 figura 10b. La figura 10d muestra el miembro tubular inte-
rior 200 tal como se ve en la figura 10c, pero hecho gi-
rar en un ángulo de 180° con respecto al miembro tubular
exterior 202 que permanece en la posición mostrada en la
figura 10b. Esta rotación es indicada esquemáticamente por
20 el cambio de colocaciones de las líneas orientadas vertical-
mente, señaladas por 0° , 90° , 180° y 270° . A partir de una
superposición de las figuras 10b y 10d, que representaría
el conjunto concéntrico tal como se muestra en la figura
10, puede verse que cada par de paletas de flexión radial-
mente adyacentes, a saber las paletas de flexión de pares
25 244 y 274, 256 y 286, 268 y 250, y junto al extremo el par
lateral izquierdo 280 y 262, están orientadas de manera mu-
tuamente ortogonal, y por lo tanto satisfacen el requisito
de isoelasticidad.

30 Las rendijas axiales y periféricas en miembros

1 200 y 202 pueden ser formadas utilizando técnicas de meca-
nización convencionales. Desde luego, la colocación de las
rendijas no afecta a la precisión o exactitud con que los
ejes 203 y 205 se intersectan junto al punto de pivotamien-
5 to común deseado 207 sobre el eje 201 de la figura 9. Las
rendijas pueden ser formadas utilizando el bloque de gra-
duación 209 y un pasador y un distanciador, similares al
pasador 13 y al distanciador 15 que se muestran en la figu-
ra 2.

10 Al realizar las operaciones 17 hasta 32 tal como
se exponen en la tabla 2 y se continúan en la tabla 1, las
rendijas serían formadas primero en un miembro tubular y
luego en el otro miembro tubular. En otras palabras, las
operaciones 17 hasta 32 serían realizadas por separado pa-
15 ra el miembro tubular interior 200 y para el miembro tubu-
lar exterior 202.

Un útil 345a (no mostrado) similar al útil 145
(figura 4) sería utilizado para formar la rendija 336, mos-
trada en las figuras 11 y 12. La rendija 336 divide al
20 miembro tubular exterior en elementos propulsores exterior-
es 348a y 348b; el cubo 350; el elemento cardan exterior
352; y los elementos propulsados exteriores 354a y 354b.
Es decir, la rendija 336 es el último corte que separa a
un elemento propulsor exterior de un elemento cardan y de
25 un elemento propulsado, excepto las paletas de flexión 244,
250, 256, etc. Los elementos propulsores exteriores 348a y
348b son porciones del miembro tubular exterior 202 que
conectan paletas de flexión 256 y 280 con el cubo 350. El
cubo 350 incluye una abertura 208 para recibir un árbol de
30 propulsión (no mostrado). Los elementos propulsados exte-

1 riores 354a y 354b, conectan paletas de flexión 244 y 268
con el reborde 204. Así, puede verse en las figuras 10b y
10d que las paletas de flexión 244 y 268 están fijadas al
rotor y que las paletas de flexión 256 y 280 están fijadas
5 al árbol, es decir conectan respectivamente con el árbol
de propulsión (no mostrado) y con el rotor (no mostrado).

Similarmente, un útil 345b (no mostrado) simi-
lar en configuración al útil 145, puede ser utilizado para
formar la rendija 340. La rendija 340, véanse figuras 11 y
10 13, divide al miembro tubular interior 200 en elementos
propulsores interiores 358a y 358b; el cubo 360, el elemen-
to cardan interior 362; y elementos propulsados interiores
364a y 364b. En la figura 10d puede verse que las paletas
de flexión 274 y 250 están fijadas al árbol y las paletas
15 de flexión 262 y 286 están fijadas al rotor.

Así, la forma de realización mostrada en las fi-
guras 9-13 tiene dos elementos cardan intermedios indepen-
dientes, teniendo cada uno de ellos dos paletas de flexión
fijadas al árbol y dos paletas de flexión fijadas al rotor,
20 orientadas ortogonalmente con respecto a las dos primeras
paletas de flexión. Los dos elementos cardan de esta forma
de realización anularán pares de torsión de rectificación
causados por vibraciones del árbol de propulsión cuando se
producen con el doble de la frecuencia de rotación del ár-
bol de propulsión, de la manera imaginada en la patente
25 de los Estados Unidos número 3.678.764.

La fabricación de la forma de realización de las
figuras 9-13 puede ser completada uniendo los miembros tu-
bulares 200 y 202 con el manguito 217 para mantener su
30 orientación axial y radial en la alineación exacta en la

1 que habían sido fabricados.

Se considera ahora la forma de realización del invento mostrada en la figura 14. La forma de realización de la figura 14 es idéntica a la forma de realización mostrada en las figuras 9-13, excepto en que no está adaptada para anular pares de torsión de rectificación causados por vibraciones angulares con el doble de la frecuencia de rotación de la manera imaginada en la patente de los Estados Unidos número 3.678.764. A causa de la ausencia de esta característica, la forma de realización de las figuras 9-13 con dos elementos cardan es normalmente preferible con relación a la forma de realización de la figura 14. La forma de realización de la figura 14 es utilizada como una ilustración de la amplitud que tiene el nuevo método de fabricar conjuntos de articulaciones de flexión.

Obsérvese que las figuras 14b y 14c muestran un diseño de aberturas que forman paletas de flexión en el miembro tubular interior 400 y en el miembro tubular exterior 402, que es diferente del diseño de las figuras 10b y 10c. El diseño de líneas de centros de las paletas de flexión de las figuras 14b y 14c se alterna en dirección cada 90°.

Puede verse en las figuras 14b y 14d que las paletas de flexión fijadas al árbol de ambos miembros 400 y 402 están alineadas circunferencialmente unas con otras y que las paletas de flexión fijadas al rotor están alineadas unas con otras. Es decir, las paletas de flexión fijadas al rotor 444 y 462 están alineadas circunferencialmente, las paletas de flexión fijadas al rotor 468 y 486 están alineadas circunferencialmente, las paletas de flexión fijadas al

1 árbol 480 y 450 están alineadas circunferencialmente, y
las paletas de flexión fijadas al árbol 456 y 474 están
alineadas circunferencialmente. Así, se ve en las figuras
10b y 10d que una paleta de flexión fijada al rotor y una
5 paleta de flexión fijada al árbol está colocada circunfe-
rencialmente a cada intervalo de 90°.

En las figuras 15 y 16 se muestra una forma de
realización del invento en que el miembro tubular interior
600 y el miembro tubular exterior 602 comprenden también,
10 cada uno, un cilindro circular recto. La forma de realiza-
ción de las figuras 15 y 16 es un conjunto de articulacio-
nes de flexión que tiene dos elementos cardan intermedios
independientes. El diámetro interior del miembro tubular
exterior 602 es más largo que el diámetro exterior del
15 miembro tubular interior 600 para permitir un movimiento
independiente de los dos elementos cardan. Los rebordes
extremos 604a y 604b sobre el miembro tubular interior
600 sirven como distanciadores entre miembros tubulares
600 y 602 para mantener a estos miembros en posición con-
20 céntrica coaxial.

Los agujeros de graduación radiales 610, 612,
614, 616, 618, 620, 620b, 622, 624, 624b, 626, 628, 628b,
630, 632 y 632b son taladrados en los miembros 600 y 602
tal como se muestra en las vistas desarrolladas de las fi-
25 guras 16a y 16b. Desde luego, se pueden utilizar menos de
16 agujeros de graduación radiales para sujetar los miem-
bros 600 y 602 conjuntamente en una posición concéntrica
coaxial. De las figuras 16b y 16c puede verse que, después
de completarse las aberturas y las rendijas, el miembro
30 tubular interior 600 será hecho girar en un ángulo de 90°.

1 Puede ser taladrado el número mínimo de agujeros de graduación radiales necesarios para sujetar los miembros 600 y 602 en la posición cero y en la posición 90°. Esta simetría de los dieciseis agujeros de graduación radiales mostrados
5 en las figuras 16a y 16b haría mínima la manipulación de los miembros 600 y 602 por el hecho de que no se necesita una orientación especial de los miembros para comenzar el taladrado de aberturas.

10 Los miembros 600 y 602 están montados sobre un pasador 613 (no mostrado) y son formadas aberturas y paletas de flexión de la manera arriba descrita en conexión con las figuras 1 a 8. Obsérvese que para las formas de realización de las figuras 15 y 16 la vista desarrollada de los dos miembros tubulares, tal como se ve en las figuras 16b
15 y 16c, tiene un diseño de agujeros para un conjunto de articulaciones de flexión con dos cardan, y que los dos miembros tubulares serán hechos girar en un ángulo de 90° después de que hayan sido formados los agujeros y las ranuras. Esta es otra variante del método del invento. Para comparación, la forma de realización con ilustraciones correspondientes en las figuras 10b y 10c tiene un diseño de agujeros también para un conjunto de articulaciones de flexión con dos cardan pero en que la rotación se efectúa en un ángulo de 180° después de que han sido formadas las aberturas
20 y las rendijas.
25

La forma de realización de las figuras 15 y 16 está adaptada para anular pares de torsión de rectificación causados por vibraciones angulares con el doble de la frecuencia de rotación del conjunto de articulaciones de flexión en rotación. La anulación de dichos pares de torsión
30

1 de rectificación que proceden de vibraciones anulares con
el doble de la velocidad de rotación del rotor se imagina
en la patente de los Estados Unidos número 3.678.764, tal
como arriba se ha mencionado. De las figuras 16b y 16c
5 puede verse que a cada intervalo de 90° alrededor de la
circunferencia de los elementos tubulares de esta forma
de realización hay un par de paletas de flexión mayormente
adyacentes, estando una paleta de cada par de paletas fija-
da al árbol y una de cada par de paletas fijada al rotor,
10 de acuerdo con las enseñanzas de la patente de los Estados
Unidos número 3.678.674.

Obsérvese que las rendijas axiales y periféricas
en los miembros 600 y 602 pueden ser formadas simultánea-
mente, es decir sin separar los miembros. Se hace referen-
15 cia a la operación 17 en la tabla 2. Las rendijas pueden
ser formadas con los miembros en una posición coaxial y
dispuesta telescópicamente, es decir concéntricamente uno
con respecto al otro, debido a que cada rendija en el miem-
bro tubular interior 600 está en alineación radial con una
20 correspondiente rendija adyacente en el miembro tubular ex-
terior 602.

Un conjunto de articulaciones de flexión es for-
mado uniendo el elemento propulsor exterior 748 con el re-
borde 604a que a su vez es unido con el elemento propulsor
25 interior 758. El elemento propulsado exterior 754 es unido
al reborde 604b que a su vez es unido con el elemento pro-
pulsado interior 764. Desde luego, la forma de realización
de las figuras 15 y 16 es simétrica y el elemento junto a
cualquier extremo puede ser identificado como el elemento
30 propulsor o como el elemento propulsado. Un cubo (no mos-

1 trado) con una abertura que tiene una línea de centros a lo largo del eje común 601, puede ser unido dentro del elemento interior, es decir el elemento propulsor 758 para conectar el elemento propulsor con un árbol de propulsión.

5 Un elemento de rotor (no mostrado) puede ser unido con la superficie exterior del elemento propulsado exterior 754.

La forma de realización para la que se muestran vistas desarrolladas de las paredes cilíndricas en las figuras 17a, b y c, utiliza también dos cilindros circulares rectos para miembros tubulares interiores y exteriores 800 y 802, respectivamente. La forma de realización de las figuras 17a, b y c es idéntica a la forma de realización de las figuras 15-16 excepto en que es una forma de realización con un solo cardan. Las diferencias entre esta forma de realización y la de las figuras 15 y 16 consisten en la omisión de los rebordes distanciadores entre miembros 800 y 802, la mecanización del diámetro exterior del miembro tubular interior 800 y del diámetro interior del miembro tubular exterior 802 a una tolerancia de "encaje por empuje" cuando los miembros son movidos telescópicamente uno con otro, la disposición del diseño de aberturas que requiere una rotación de 180° de los miembros uno con respecto al otro después de que han sido formadas las aberturas y las rendijas.

25 Obsérvese que en esta forma de realización el conjunto de articulaciones de flexión es formado combinando, en una disposición concéntrica como en las otras formas de realización antes descritas, los dos elementos tubulares, siendo la colocación mutua tal que la combinación
30 es representada por la superposición de las figuras 17a y

1 17c, es decir el elemento interior ha sido hecho girar en
180° después de que han sido producidas las aberturas y
las rendijas. Luego, el conjunto es completado uniendo los
elementos propulsores 948 y 958 entre sí, uniendo los ele-
5 mentos cardan 952 y 962 entre sí, y uniendo los elementos
propulsados 954 y 964 entre sí.

La forma de realización mostrada en las figuras
18-23 es un conjunto de articulaciones de flexión que tiene
dos elementos cardan intermedios. El miembro tubular inte-
rior 1000 comprende un cilindro circular recto conectado
10 sólo por paletas de flexión entre un par de discos 1162a
y 1162b, cada uno de los cuales forma parte de un elemento
cardan. El diámetro interior del cilindro circular recto
es ligeramente menor que el diámetro interior de cada uno
15 de los discos. El miembro tubular exterior 1002 es un ci-
lindro circular recto. Para fabricar la forma de realiza-
ción de las figuras 18-23 de acuerdo con el nuevo método
del invento, los miembros tubulares interior y exterior 1000
y 1002 son mecanizados a una tolerancia de "encaje por em-
20 puje" entre el diámetro interior del miembro tubular exte-
rior 1002 y el diámetro exterior de los dos discos 1162a
y 1162b del miembro tubular interior 1000. La porción de
centros del miembro tubular exterior comprende el elemento
propulsado exterior 1154. Los extremos del miembro tubular
25 exterior 1002 comprenden, cada uno de ellos, una porción
del elemento cardan 1152a y 1152b. La porción de cilindro
circular recto del miembro tubular interior 1000 comprende
el elemento propulsor interior 1158. Cada uno de los discos
1162a y 1162b forma una porción de un elemento cardan. La
30 superficie cilíndrica interna del elemento propulsor inte-

1 rior 1158 se acopla sobre un árbol de propulsión (no mos-
trado), y está fijado a éste, pero el árbol de propulsión
no entra en contacto con las superficies interiores de los
discos 1162a y 1162b debido a que sus diámetros superan
5 al del elemento propulsor interior 1158, véase figura 22.

10 Dos elementos cardan serán formados conectando
de modo rígido porciones de elementos cardan radialmente
adyacentes 1152a y 1162a una con otra, siendo denominado
el elemento cardan resultante, en lo que sigue, como "ele-
mento cardan superior", y similarmente porciones de ele-
mentos cardan 1152b y 1162b son unidas entre sí para for-
mar lo que seguidamente se denomina como "elemento cardan
inferior". Un rotor (no mostrado) está fijado al elemento
propulsado exterior 1154.

15 La forma de realización de las figuras 18-23
es un conjunto de articulaciones de flexión que tiene dos
elementos cardan que están dispuestos simétricamente y,
por lo tanto, cada uno de ellos tiene su centro de grave-
dad desplazado junto a un lado distinto, sobre el eje 1001,
20 es decir a la misma distancia desde el centro de gravedad
1007 global del conjunto de articulaciones de flexión. En
cada una de las formas de realización antes descritas, que
tienen dos elementos cardan, el centro de gravedad de ca-
da uno de los dos elementos cardan está colocado en un pun-
25 to de pivotamiento común del conjunto de articulaciones.
El desplazamiento axial del centro de gravedad de cada ele-
mento cardan individual en direcciones opuestas desde el
centro de gravedad global daría lugar a un origen de erro-
res no existente en las formas de realización que tienen
30 dos elementos cardan tal como antes se describe, a menos

1 que sean compensados. Más particularmente, un par de tor-
sión de error rectificado se crearía por vibraciones li-
neales en la dirección del eje común longitudinal 1001, que
es normalmente el eje de rotación, las cuales se producen
5 con el doble de la frecuencia de rotación de un conjunto
de articulaciones de flexión en trabajo.

La forma de realización de las figuras 18-23 es-
tá adaptada para anular pares de torsión rectificados que
proceden de vibraciones lineales a lo largo del eje de ár-
bol y de vibraciones angulares alrededor del eje de árbol,
10 ambas de las cuales se producen con el doble de la fre-
cuencia de rotación del conjunto de articulaciones de fle-
xión en trabajo.

Con respecto a la anulación de pares de torsión
15 que proceden de vibraciones angulares alrededor del eje
longitudinal del conjunto de articulaciones de flexión, la
forma de realización de las figuras 18-23 está dentro de
la clase genérica de conjuntos de articulaciones de fle-
xión imaginado en la patente de los Estados Unidos número
20 3.678.764.

De acuerdo con las enseñanzas aquí descritas, los
pares de torsión de error que proceden de vibraciones li-
neales con el doble de la frecuencia de rotación del rotor,
son anulados desplazando axialmente las articulaciones de
25 flexión fijadas al rotor de cada uno de los dos elementos
cardan en direcciones opuestas desde el centro geométrico
1007 y el centro de gravedad global del conjunto de arti-
culaciones. Cada articulación de flexión fijada al rotor es
desplazada en una distancia previamente determinada hacia
30 el elemento cardan con el que conecta con el rotor.

1 El desplazamiento del centro de gravedad de los
elementos cardan superior e inferior de las formas de rea-
lización de las figuras 18-23 en direcciones opuestas desde
el centro de gravedad global 1007 del conjunto de articula-
5 ciones de flexión da como resultado un par de torsión sobre
un rotor (no mostrado) cuando el rotor recibe la acción de
una aceleración. Este par de torsión es sinusoidal con la
frecuencia de excitación y es proporcional al peso del ele-
mento cardan desplazado y a la distancia del centro de gra-
10 vedad de ese elemento cardan desde el punto de pivotamiento
común 1007, y proporcional a la magnitud de la aceleración.
Si la vibración se efectúa con el doble de la frecuencia
de rotación, el par de torsión sinusoidal resultante es
rectificado, y el rotor experimenta un par de torsión de
15 error de estado permanente. Incluso aunque los dos elemen-
tos cardan del conjunto de articulaciones de flexión están
colocados simétricamente de manera que están a distancias
iguales del punto de pivotamiento común 1007, el par de
torsión de estado permanente tal como se describe no resul-
20 ta anulado normalmente debido a que los elementos cardan
están en fase de 90° con relación al árbol de propulsión
(no mostrado) el conjunto de articulaciones de flexión. Es-
ta separación angular en 90° de los elementos cardan es ne-
cesaria con el fin de lograr la anulación de los pares de
25 torsión rectificadas que proceden de vibraciones angulares
del árbol de propulsión, del conjunto de articulaciones de
flexión y del rotor, las cuales se producen con el doble
de la frecuencia de rotación del rotor, es decir con el do-
ble de la frecuencia de rotación. Los pares de torsión de
30 error rectificadas que aparecen debido al desplazamiento

1 de los elementos cardan en direcciones axiales opuestas
procedentes del punto de pivotamiento común 1007, son com-
pensados y anulados desplazando axialmente las articulacio-
nes de flexión, y por lo tanto los ejes de flexión de la
5 articulación de flexión fijada al rotor de cada elemento
cardan. El eje de flexión de la articulación de flexión
fijada al rotor de un elemento cardan está desplazado axial-
mente en una dirección hacia el elemento cardan en una dis-
tancia "épsilon" previamente determinada. La distancia es-
10 tá dada por

$$\xi = L_G - W_G / W_{FW}$$

en que:

L_G = distancia de centro de gravedad de cardan
desde su árbol que conecta el punto de pivotamiento sobre
15 el eje longitudinal;

W_G = peso de cardan;

W_{FW} = peso de rotor (no mostrado).

A partir de las figuras 20 y 21 puede verse que
las rendijas cortadas en miembros tubulares 1002 y 1000
20 deben ser producidas por separado. Más particularmente,
los miembros tubulares 1000 y 1002 deben ser retirados de
su posición coaxial, debido a que las operaciones de corte
de rendijas, expuestas como etapas 17 hasta 31 en la tabla
1, pueden ser realizadas por separado para los miembros
25 1000 y 1002.

Así, el nuevo método del invento ha sido expli-
cado en su aplicación a la forma de realización mostrada
en las figuras 1-8; las figuras 9-13; la figura 14; las
figuras 15-16; la figura 17; y las figuras 18-23. De la
30 descripción que antecede puede verse que el nuevo método

1 puede ser aplicado a la fabricación de numerosos diseños
diferentes de conjuntos de articulaciones de flexión que
tienen diversas orientaciones de diseños de aberturas y
rendijas que forman paletas de flexión, y que tienen tam-
5 bién diferentes modificaciones de rendijas de intercone-
xión, elementos cardan, elementos propulsores y elementos
propulsados.

Se considera ahora la descripción de una forma
apropiada de realización del método que es aplicable para
10 fabricar alguna de las formas de realización mostradas en
los dibujos. Esta forma de realización del método es apli-
cable a la fabricación de cualquier forma de realización
de un conjunto de articulaciones de flexión que tienen
miembros tubulares coaxiales con aberturas que forman pale-
15 tas de flexión, en que las aberturas que forman paletas
de flexión sobre lados opuestos de los miembros tubulares
pueden ser formadas por medio de una sola pasada de un
útil. Por ejemplo, en la figura 2, el útil MDE 41 no solo
puede ser hecho penetrar para formar pares de aberturas
20 40, 42 y 46, 48 sino que también puede ser hecho penetrar
a través de la pared opuesta de cada uno de los miembros
tubulares para formar pares de aberturas 70, 72 y 64, 66
en miembros tubulares interiores y exteriores 00 y 02, res-
pectivamente, según se ve en la figura 3. Las correspondien-
25 tes aberturas de la forma de realización mostrada en las
figuras 9-13 pueden ser formadas también con una pasada
del útil, con tal que el miembro tubular 216 sea un miem-
bro distanciador separado, añadido subsiguientemente, y no
una porción de miembro tubular exterior 202. Esta forma
30 de realización de método simplificado es inaplicable a la

1 forma de realización mostrada en la figura 14 y en las fi-
guras 15-16 debido a que las correspondientes aberturas
en lados opuestos sobre los miembros tubulares no están
alineadas, pero es aplicable a las formas de realización
5 mostradas en la figura 17 y en las figuras 19-23. En gene-
ral, el método simplificado es aplicable a cualquier for-
ma de realización de dicho conjunto de articulaciones de
flexión en que los miembros tubulares coaxiales son hechos
girar en un ángulo de 180° para formar aberturas con pale-
10 tas de flexión entre ellas, con tal que no haya ningún
miembro estructural entre las aberturas sobre lados opues-
tos de los miembros tubulares, que no pueda ser fabricado
por separado.

Preferiblemente, esta modificación del método se
15 practica utilizando una máquina MDE que tiene un útil de
alambre, en lugar de un útil cortador tal como se muestra
en la figura 2. Cualquier útil MDE está sometido a desgase
te durante la utilización. La penetración del útil 41 tal
como se muestra en la figura 2 a través de paredes opues-
20 tas de miembros tubulares interior y exterior 00 y 02 ten-
dría a desgastar el útil 41 de manera tal que resultaría
terminado en punta debido a que parte del útil pasaría a
través de cuatro paredes de los miembros tubulares concén-
tricos y otra parte del útil pasaría a través de sólo dos
25 paredes. Una máquina MDE de alambre utiliza un rollo de
alambre en continuo movimiento bajo tensión, en calidad de
filo de corte. Dicha máquina está disponible de The Sea-
board Machinery Co., 2923 Supply Avenue, Los Angeles, Ca-
lifornia, modelo N° Agie-Cut DEM 15, o de Machinery Sales
30 Co., 2838 Leonis Boulevard, Los Angeles, California, Mode-

1 lo Charmilles Nº F40-DNC.

La Tabla 2 resume la sucesión de operaciones en el método simplificado de fabricar algunas formas de realización mostradas en los dibujos. Las operaciones 9-16 pertenecen a la fabricación de un conjunto de articulaciones de flexión sólo por la utilización de una máquina MDE de alambre. Si el método simplificado es practicado haciendo penetrar el útil 41 a través de cuatro paredes de miembros tubulares coaxiales, las operaciones 9-16 de la tabla 2 pueden ser omitidas, y las aberturas mencionadas en las operaciones 17 y 18 pueden ser formadas por una penetración del útil 41. Similarmente, las aberturas mencionadas en las operaciones 20 y 21 pueden ser formadas por una penetración del útil 41.

15 Las operaciones 1-8 del método simplificado son las mismas operaciones 1-8 de los métodos más generales resumidos en la tabla 1 y arriba descritos.

En la siguiente operación del método simplificado, agujeros iniciadores para formar aberturas son formados en los miembros tubulares interior y exterior coaxiales 00 y 02. Más particularmente, un pequeño agujero que tiene un diámetro suficientemente grande para hacer pasar el alambre de la máquina MDE es taladrado dentro del contorno de superficie deseado para la abertura 40, por ejemplo. El agujero iniciador (no mostrado) puede ser taladrado en el punto de la línea de centros deseada para la abertura 40 y es taladrado a través del miembro tubular exterior 02 y luego a través del miembro tubular interior 00. En las operaciones 9-16 de la tabla 2, agujeros iniciadores son taladrados para aberturas en una colocación sobre la circunfe-

1 rencia del miembro tubular exterior 02 y luego los miembros
tubulares son hechos girar ambos por un ángulo de 90°. El
siguiente juego de agujeros iniciadores es formado después.
Este método se continúa hasta que hayan sido taladrados
5 agujeros iniciadores en distancias de 90° alrededor de la
circunferencia del miembro tubular exterior 02. Desde lue-
go, las operaciones 9 y 13 podrían ser realizadas conjunta-
mente taladrando aberturas 40, 46, 72 y 66 en una pasada
del taladro, etc. Similarmente, podrían combinarse las ope-
10 raciones 11 y 15. Para formar agujeros iniciadores de acue-
do con el método expuesto en las operaciones 9-16 de la
tabla 2 o tal como se acaba de describir arriba, los miem-
bros tubulares coaxiales son hechos girar ambos por el mis-
mo ángulo, cuando se requiere rotación. Para formar aguje-
15 ros iniciadores, los miembros tubulares coaxiales no son
hechos girar uno con respecto al otro.

Seguidamente, el alambre de corte de la máquina
MDE de alambre es enhebrado a través de los agujeros ini-
ciadores para aberturas 40, 46, 72 y 66. Luego el alambre
20 es impulsado a través de los agujeros iniciadores, cuando
es movido, para cortar el diseño de estas aberturas. Pre-
feriblemente, el diseño para cortar las aberturas es con-
trolado por computadora de manera que las aberturas pueden
ser cortadas con gran precisión. Para las formas de reali-
25 zación que tienen rendijas en lados opuestos de los miem-
bros tubulares coaxiales que están en alineación, la téc-
nica de corte MDE con alambre puede ser utilizada también
para cortar estas rendijas. Por ejemplo, sin volver a enhe-
brar el alambre, aberturas 40, 46, 72 y 66 pueden ser cor-
30 tadas en los diseños deseados y luego el alambre puede avan

1 zar para cortar rendijas 88, 104, 114 y 98. Se hace obser-
var que esta técnica de corte de rendijas es aplicable a
la forma de realización de la figura 17 pero no aplicable
a las formas de realización de las figuras 9-13 y las fi-
5 guras 18-23.

Las aberturas 42, 48, 70 y 64 y las rendijas 90,
106, 112 y 96 son formadas de una manera similar enhebran-
do el alambre de corte MDE a través de los agujeros inicia-
dores para las aberturas y controlando el movimiento del
10 alambre para seguir el diseño de corte por una computadora.
A la terminación de esta operación, se han formado cortan-
do aberturas cuatro paletas de flexión a lo largo del eje
03, es decir paletas de flexión 44, 50, 74 y 68.

Luego, los miembros tubulares interior y exterior
15 00 y 02 son hechos girar ambos en 90° sin cambiar la posi-
ción relativa de un miembro con respecto al otro. Se recor-
dará que los miembros fueron sujetos uno con otro en la
operación 7.

Las aberturas 52, 58, 84 y 78 y las rendijas 92,
20 108, 118 y 102 son cortadas por el alambre MDE en movimien-
to de la manera arriba descrita. Similarmente, las abertu-
ras 54, 60, 82 y 76 y las rendijas 94, 110, 116 y 100 son
cortadas por el alambre MDE en movimiento. Los miembros
tubulares interior y exterior 00 y 02 pueden ser hechos
25 girar luego de retorno a su orientación original.

Las restantes operaciones de fabricación, al apli-
car el método simplificado, son idénticas al método general
expuesto en la tabla 1. La operación 23 de la tabla 2 se
refiere a diversas operaciones del método, cuando éste con-
30 tinúa con una operación de la tabla 1 como siguiente opera-

1 ción en el proceso de fabricación, dependiendo de una forma particular de realización. Para fabricar la forma de
realización de las figuras 1-8, la operación 24 es la siguiente debido a que han sido cortadas las rendijas paralelas al eje longitudinal 01. Para fabricar la forma de
5 realización de las figuras 9-13, la operación 17 de la tabla 1 es la siguiente operación, debido a que no han sido cortadas rendijas paralelas ya que no estaban en alineación. El método simplificado es inaplicable a la forma de
realización de la figura 14 y a la de las figuras 15-16, por lo que la operación 9 de la tabla 1 es la siguiente
10 operación en el método general. Las operaciones 24 y 17 de la tabla 1 son las siguientes operaciones para fabricar la forma de realización de la figura 17. El método simplificado no es aplicable a la forma de realización de las
15 figuras 18-23.

Así, se ha descrito arriba la fabricación de seis formas de realización de un conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con el nuevo método del invento.
20 Ha de entenderse que el alcance del nuevo método no está limitado por la antedicha descripción ni por la referencia a dibujos. De las numerosas aplicaciones del método arriba descrito puede entenderse que podrían desarrollarse otras formas de realización de un conjunto de articulaciones de flexión que tienen pares de paletas de flexión orientadas ortogonalmente y a la que sería aplicable el nuevo método
25 de formar dichos conjuntos de articulaciones de flexión.

El nuevo método para fabricar articulaciones de flexión puede ser utilizado para producir las paletas de flexión de los conjuntos de articulaciones de flexión mos-
30

1 trados en las patentes de los Estados Unidos números
3.354.725; 3.427.828; 3.527.062; 3.585.866; 3.614.894;
3.700.290 y 3.709.045. La aplicabilidad del nuevo método
a uno o varios de los conjuntos de articulaciones de fle-
5 xión mostrados en esas patentes dependerá de modificacio-
nes de los diseños de paletas de flexión. Para algunos de
estos dispositivos, esto significaría modificar el diseño
de aberturas o el diseño tanto de aberturas como de rendi-
jas. Por ejemplo, un dispositivo basado en el mostrado en
10 la patente de Estados Unidos número 3.700.290 podría ser
fabricado de acuerdo con el nuevo método, modificando el di-
seño de aberturas y rendijas. Más particularmente, el dise-
ño de aberturas en los miembros tubulares interiores y ex-
teriores podrían ser modificados. El diseño de paletas de
15 flexión cuyos ejes de simetría están orientados alternati-
vamente de modo paralelo y de modo perpendicular al eje lon-
gitudinal de rotación, tal como se muestra en la figura 25,
permitiría la fabricación de acuerdo con el nuevo método.

Ha de entenderse además que un conjunto de arti-
20 culaciones de flexión podría ser fabricado a partir de miem-
bros coaxiales que no sean cilindros circulares rectos.

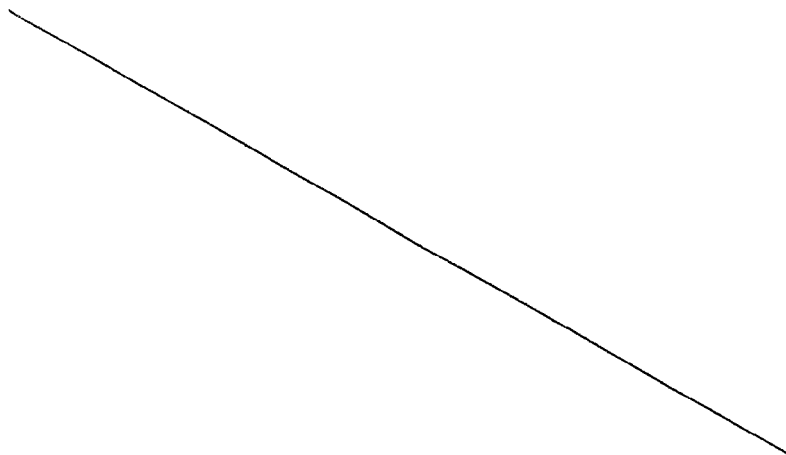


TABLA 1

Operaciones de método		Formas de realización/elementos						
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIGS 17	FIGS 18-23	
1. Se amola el diámetro exterior del miembro tubular interior.	00	200	400	600	800	1000		
2. Se taladran un agujero o agujeros para fijación del árbol al cubo; en el miembro interior, exterior,	06 N/A	206 208	≠406 ≠408	N/A N/A	N/A N/A	1006 N/A		
3. Se amola el diámetro interior del miembro tubular exterior a:	02 "encaje por empuje" sobre 00	202 espacio libre deseado entre 200 y 202	402 "encaje por empuje"	602 espacio libre deseado entre 600 y 602	802 "encaje por empuje"	1002 "encaje por empuje"		
4. Se mueven telescópicamente los miembros tubulares interior y exterior en una posición coaxial.	00 y 02	200 y 202	400 y 402	600 y 602	800 y 802	1000 y 1002		
5. Se amolan los miembros tubulares interior y exterior a la misma longitud.	00 y 02	200 y 202	400 y 402	600 y 602	800 y 802	1000 y 1002		

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
FIGS 1-8		FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23	
6. Se taladran agujeros de graduación	10 y 14; 12 y 16	210, 212, 218 & 230	410, 412, 428 & 430	610 & 618; 614 & 626; 620a y 628a y 628b; 612 y 622; 616 & 630; 624a y 632a 624b; 632a y 632 b	810 & 818 814 & 826 820a y 820b; 828a y 812 828b; 812 y 822; 816 & 830; 824a y 832a 824b; 832a y 832b	1010 y 1018; 1014 y 1026; 1020a & b 1028a & b 1012 y 1022; 1016 y 1030; 1024a & b 1032a & b	
7. Se insertan espigas de graduación en agujeros de graduación.	espiga 33 dentro de agujeros 10, 14 y 29; espiga 35 dentro de agujeros 12, 16 y 31;	espiga 223 dentro de agujeros 219 y 210; espiga 225 dentro de agujeros 221 y 212; espiga 237 dentro de agujeros 233 y 228; espiga 239 dentro de agujeros 235 y 230;	* espiga 423 dentro de agujeros #219 y 410; espiga #425 dentro de agujeros #421 y 412; espiga 437 dentro de agujeros #433 y 428; espiga 439 dentro de agujeros #435 y 430;	espiga #633 dentro de agujeros 610 y 618; espiga #635 dentro de agujeros 612 y 622; espiga #637 dentro de agujeros 614 y 626; espiga #639 dentro de agujeros 616 y 630	espiga #833 dentro de agujeros 810 y 818; espiga #835 dentro de agujeros 812 y 822; espiga #837 dentro de agujeros 814 y 826; espiga #839 dentro de agujeros 816 y 830	espiga #1033 dentro de agujeros 1010 y 1018; espiga #1035 dentro de agujeros 1012 y 1022; espiga #1037 dentro de agujeros 1014 y 1026; espiga #1039 dentro de agujeros 1016 y 1030.	

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
8. Se montan los miembros tubulares interior y exterior en posición coaxial sobre el pasador de sostén y bloque de gradación.	00 02 09	200 202 *209	400 402 *409	600 602 *609	800 802 *809	1000 1002 *1009	se hace pene- trar el útil #1041 para formar abertu- ras 1040 y 1042; 1046 y 1048, paletas 1044 y 1050 en colocación + ξ.
9. Se producen un par de aberturas adyacentes tanto en el miembro tubular interior como en el miembro tubular exterior para formar una paleta de flexión en cada uno. Son formadas aberturas en los miembros tubulares interior y exterior en una única pasada del útil:	se hace pene- trar el útil 41 para formar aberturas 40 y 42; 46 y 48; y paletas 44 y 50;	se hace pene- trar el útil #241 para formar aberturas 240 y 242; 248; paletas 244 y 250;	se hace pene- trar el útil #441 para formar aberturas 442; 446 y 448 y paletas 444 y 450	se hace pene- trar el útil #641 para formar aberturas 640 y 642; 646 y 648 y paletas 644 y 650	se hace pene- trar el útil #841 para formar aberturas 840 y 842; 846 y 848 y paletas 844 y 850		

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
10. Se cambia la posición relativa del útil y de los miembros tubulares interior y exterior para formar otros pares de aberturas adyacentes tanto en el miembro tubular interior como en el miembro tubular exterior.		se hace girar el bloque que de graduación 09 en 90° en sentido dextrorso (dex) alrededor del eje O1 (no hay rotación alrededor del eje O5)	se hace girar el bloque que de graduación #209 dex alrededor del eje 201 y 90° dex alrededor del eje 205	se hace girar el bloque que de graduación #409 en 90° dex alrededor del eje 401 y 90° dex alrededor del eje 405	se hace girar el bloque que de graduación #609 en 90° dex alrededor del eje 601 y 90° dex alrededor del eje 605	se hace girar el bloque que de graduación #809 en 90° dex alrededor del eje 801 y 90° dex alrededor del eje 801	se hace girar el bloque de graduación #1009 en 90° dex alrededor del eje 1001 y 90° dex alrededor del eje 1005
		(DEXTRORSO Y SINISTRORSO SE ABREVIAN POR DEX Y SIN RESPECTIVAMENTE)					
11. Se producen un par de aberturas adyacentes en ambos miembros tubulares interior y exterior para formar una paleta de flexión en cada uno		se hace penetrar el útil 41 para formar aberturas 52 y 54; y paletas 56 y 62	se hace penetrar el útil #241 para formar aberturas 252 y 254; 258 y 260 y paletas 256 y 262	se hace penetrar el útil #441 para formar aberturas 452 y 454; 458 y 460 y paletas 456 y 462	se hace penetrar el útil #641 para formar aberturas 652 y 654; 658 y 660 y paletas 656 y 662	se hace penetrar el útil #841 para formar aberturas 852 y 854; 858 y 860 y paletas 856 y 862	se hace penetrar el útil #1041 para formar aberturas 1052 y 1054; y paletas 1056 y 1062 en -Z.

TABLA I (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
12. Se repite la operación 10, es decir se hace girar el bloque de graduación alrededor del eje y el número indicado de grados alrededor del eje	09 01 90° dex 03	#209 201 0° 203	#409 401 90°dex 403	#609 601 90°dex 603	#809 801 0° 803	#1009 1001 90°dex 1003	
13. Se repite la operación 9, es decir se hace penetrar el útil para formar aberturas aberturas y paletas	41 64 y 66 70 y 72 68 y 74	#241 264 & 266 270 & 272 268 & 274	#441 464 & 466 470 & 472 468 & 474	#641 664 & 666 670 & 672 668 & 674	#841 864 & 866 870 & 872 868 & 874	#1041 1064/1066 1070/1072 1068/1074 a, b, c	
14. Se repite la operación 10; es decir se hace girar el bloque de graduación 90° dex alrededor del eje y el número indicado de grados alrededor del eje	09 01 0° 05	#209 201 90° sin 205	#409 401 90°dex 405	#609 601 90°dex 605	#809 801 90° sin 805	#1009 1001 90°dex 1005	

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
17. Se separan cilindros tal como se indica se hace penetrar el útil para formar rendijas en el miembro tubular exterior y rendijas en el miembro tubular interior	No		Si	Si	No	No	No
	89	#289	#489	#689	#889	#1089	
	88 y 90 104 y 106 con una pasada del útil	288 & 290 304 & 306 por pasadas separadas del útil	488 & 490 504 & 506 por pasadas separadas del útil	688 & 690 704 & 706 con una pasada del útil	888 & 890 904 & 906 con una pasada del útil	1088/1090 1104/1106 en pasadas separadas	
18. Se hace girar el bloque de gradación en 90° dex alrededor del eje	09	#209	#409	#609	#809	#1009	
	01	201	401	601	801	1001	
	89 92 y 94 108 & 110; en una pasada	#289 292 y 294 308 & 310 en pasadas separadas	#489 492 & 494 508 & 510 en pasadas separadas	#689 692 & 694; 708 & 710; en una pasada	#889 892 & 894; 908 & 910; en una pasada	#1089 1092/1094; 1108/1110; en pasadas separadas	

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos									
FIGS 1-8		Figs 9-13		FIG 14		FIGS 15-16		FIG 17		FIGS 18-23	
20. Se hace girar el bloque de graduación en 90° dex alrededor del eje	09 01	#209 201	#409 401	#609 601	#809 801	#1009 1001					
21. Se hace penetrar el útil para formar rendijas y rendijas	89 96 y 98; 112 & 114 en una pasada	#289 296 & 298 312 & 314 en pasadas separadas	#489 496 & 498 512 & 514 en pasadas separadas	#689 696 & 698 712 & 714 en una pasada	#889 896 & 898; 912 & 914 en una pasada	#1089 1096/1098; 1112/1114; en pasadas separadas					
22. Se hace girar el bloque de graduación en 90° dex alrededor del eje	09 01	#209 201	#409 401	#609 601	#809 801	#1009 1001					
23. Se hace penetrar el útil para formar rendijas y rendijas (Se hace girar el bloque de graduación en 90° dex a la posición inicial opcional).	89 100 & 102 116 & 118 en una pasada	#289 300 & 302 316 & 318 en pasadas separadas	#489 500 & 502 516 & 518 en pasadas separadas	#689 700 & 702 716 & 718 en una pasada	#889 900 & 902 916 & 918 en una pasada	#1089 1100/1102 1116/1118 en pasadas separadas					

TABLA I (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
24. Se hace penetrar el útil para formar rendijas en el miembro tubular exterior y rendijas en el miembro tubular interior	119	#319	#519	#719	#919	#1019	
	120; 128; en una pasada sada	320; 328; en pasadas separadas	520; 528; en pasadas separadas	720; 728; en una pasada sada	920; 928; en una pasada sada	1020; 1128; en pasadas separadas	
25. Se hace girar el bloque de graduación número indicado de alrededor del eje	09	#209	#409	#609	#809	#1009	
	90°dex 01	90°dex 201	90°dex 401	180°dex 601	180°dex 801	180°dex 1001	
26. Se hace penetrar el útil para formar rendijas y rendija	119	#319	#519	#719	#919	#1119	
	122; 130; en una pasada sada	322; 330; en pasadas separadas	522; 530; en pasadas separadas	722; 730; en una pasada sada	922; 930; en una pasada sada	1122; 1130; en pasadas separadas	
27. Se hace girar el bloque de graduación número indicado de alrededor del eje	09	#209	#409	#609	#809	#1009	
	90°dex 01	90°dex 201	90°dex 401	90°dex 601	90°dex 801	90°dex 1001	

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método	Formas de realización/elementos					
	FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
28. Se vuelve a colocar el útil a lo largo del eje	No N/A	No N/A	No N/A	Si 601	Si 801	Si 1001
29. Se hace penetrar el útil para formar rendijas y rendijas	119 124; 132; en una pa- sada	#319 324; 332; en pasadas separadas	#519 524; 532; en pasadas separadas	#719 724; 732; en una pa- sada	#919 924; 932; en una pa- sada	#1119 1124; 1132; en una pasada
30. Se hace girar el bloque de graduación el número indicado en grados alrededor del eje	09 90°dex 01	#209 90°dex 201	#409 90°dex 401	#609 180°dex 601	#809 180°dex 801	#1009 180°dex 1001
31. Se hace penetrar el útil para formar rendijas y rendijas	119 126; 134; en una pa- sada	#319 326; 334; en pasadas separadas	#519 526; 534; en pasadas separadas	#719 726; 734; en una pa- sada	#919 926; 934; en una pa- sada	#1119 1126; 1134; en pasadas separadas
32. Se retiran los miembros tubulares interior y exterior del bloque de graduación, todavía sujetos entre sí.	00 002	200 202	400 402	600 602	800 802	1000 1002

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
FIGS 1-8		FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23	
33. Se montan los miembros tubulares interior y exterior para hacer pasar un útil a lo largo del eje.	00 y 02 sujetos coaxialmente; 01	200 y 202 por separado	400 y 402 por separado	N/A	N/A	N/A	
34. Se hace penetrar el útil o útiles.	145	*345 a&b	*545a & b				
para formar el cubo exterior	N/A	350	*550	N/A	N/A	N/A	
y el cubo interior	160	360	*560	N/A	N/A	N/A	
para formar el elemento propulsor exterior	148a & b	348a & b	548a & b	748	948	N/A	
para formar el elemento cardan exterior	152	352	552	752	952	1152a & b	
para formar el elemento propulsado exterior	154a & b	354a & b	554a & b	754	954	1154	
para formar el elemento propulsor interior	158a & b	358a & b	558a & b	758	958	1158	
para formar el elemento cardan interior	162	362	562	762	962	1162a & b	
para formar el elemento propulsado interior	164a & b	364a & b	564a & b	764	964	N/A	

(véase operación 37).

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método	Formas de realización/elementos					
	FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
35. Se montan los miembros tubulares interior y exterior en posición coaxial (véase operación 7 antedicha) se retiran las espigas de graduación, se hace girar el miembro tubular interior con respecto al miembro tubular exterior por y se vuelven a insertar las espigas de graduación	N/A	200 202	400 402	N/A	N/A	N/A
	00	200	400	600	800	1000
	02 180º	202 180º	402 90º	602 90º	802 180º	1002 180º

TABLA 1 (continúa)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos				
FIGS 1-8	FIGS 9-13	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23	
<p>36a. Se conectan rígidamente los elementos propulsores exterior e interior entre sí y los elementos propulsados exterior e interior entre sí.</p>	<p>148a y 158a; 148b y 158b; 154a y 164a; 154b y 164b</p>	<p>348a & b; 358a & b hasta un árbol a través de cubos 350 y 360 respectivamente; 354a y 364a; 354b y 364b hasta un árbol a través de rebordes 204 y 226 respectivamente (véase figura 9);</p>	<p>548a & b; 558a & b hasta un árbol a través de cubos 550 y 560 respectivamente; 554a y 554b; 564a y 564b hasta un árbol a través de rebordes 404 y 426 respectivamente (véase figura 9).</p>	<p>948 a 958; 954 a 964</p>	N/A	
<p>36b. Se conectan rígidamente los elementos cardán interior y exterior entre sí.</p>	<p>52 a 62</p>	N/A	N/A	952 a 962	1152a a 1162a; 1152b a 1162b	
<p>37. Se retiran las espigas de graduación - véase operación 7 para la identidad de las espigas.</p>	<p>primera unión: 200 y 202 con el manguito 217</p>	<p>primera unión 200 y 202 con el manguito 217.</p>				

TABLA 2

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
FIGS 1-8		FIGS 9-13 pero el miembro separado 216		FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
1-8. Mismas operaciones que en la tabla 1.	40 & 46; 42 & 48	240 & 246 242 & 248	No aplicable	No aplicable	840 & 846 842 & 848	No aplicable	
9. Se forman agujeros iniciadores en miembros tubulares interior y exterior para aberturas (por taladrado o MDE, etc.)	00 02	200 202	N/A	N/A	800 802		
11. Se forman agujeros iniciadores para aberturas	52 & 58 54 & 60	252 & 258 254 & 260	N/A	N/A	852 & 858 854 & 860		
12. Se hacen girar los miembros en 90° dex	00 02	200 202	N/A	N/A	800 802		
13. Se forman agujeros iniciadores para aberturas	64 & 70 66 & 72	264 & 270 266 & 272	N/A	N/A	864 & 870 866 & 872		
14. Se hacen girar miembros tubulares en 90° dex.	00 02	200 202	N/A	N/A	800 802		

TABLA 2 (continuación)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos				
FIGS 1-8		FIGS 9-13 pe- ro el miembro separado 216	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
15. Se forman agu- jeros iniciadores para aberturas	76 & 82 78 & 84		N/A	N/A		
16. Se hacen girar miembros tubulares en 90° dex a posi- ción original (op- cional)	00 02	200 202	N/A	N/A	800 802	
17. Se forman aber- turas y rendijas si las rendijas están en alineación (im- pulsando alambre MDE a través de agu- jeros iniciadores para cortar el dise- ño de aberturas y rendijas).	aberturas 40, 46, 72, 66 y rendi- jas 88, 104, 114 & 98	aberturas 240, 246 272 & 266	N/A	N/A	aberturas 840, 846 872 & 866 y rendi- jas 888, 904, 914 y 898	
18. Se forman aber- turas y rendijas también si las ren- dijas están en ali- neación.	aberturas 42, 48, 70 & 64 y rendijas 90, 106, 112 & 96	aberturas 242, 248, 270 & 264;	N/A	N/A	aberturas 842, 848, 870 y 864 y rendijas 890, 906, 912 y 896	N/A
19. Se hacen girar miembros tubulares interior y exterior en 90° dex	00 02	200 202	N/A	N/A	800 802	N/A

Tabla 2 (continuación)

Operaciones de método		Formas de realización/elementos					
		FIGS 1-8	FIG 9-13 pe- ro el miembro separado 216	FIG 14	FIGS 15-16	FIG 17	FIGS 18-23
20. Se forman aberturas y rendijas también si las rendijas están en alineación.		aberturas 52, 58, 84, y 78 y rendijas 92, 108, 118 y 102	aberturas 252, 258, 284 & 278	N/A	N/A	aberturas 852, 858, 884, & 878 y rendijas 892, 908, 918, y 902	N/A
21. Se forman aberturas y rendijas también si las rendijas están en alineación		aberturas 54, 60, 82, 76 y rendijas 94, 110, 116 y 100	aberturas 254, 260, 282 y 276	N/A	N/A	aberturas 854, 860, 882, y 876 y rendijas 894, 910, 916, y 900	N/A
22. Se hacen girar los miembros tubulares interior y exterior en 90° sin a la posición original.		00 02	200 202	N/A	N/A	8	N/A
23. Se realiza el método de la tabla 1 comenzando con la operación -----		24	17	9	9	24	9

1 Haciendo referencia ahora a la figura 25, se
muestra una sección transversal de un giroscopio 600 sus-
pendido por flexión de rotor libre que incorpora una forma
de realización del invento, toda vez que su conjunto de ar-
5 ticulaciones de flexión 1410 está mostrado como la forma
de realización de las figuras 1-8, pero todas las formas
de realización aquí mostradas y otras formas de realización
del invento pueden ser utilizadas en calidad de la suspen-
sión para el rotor de un giroscopio. El giroscopio mostra-
do en la figura 25 incluye un conjunto de articulaciones de
10 flexión 1410, un árbol de propulsión 1412 y una rueda de
inercia 1414. El conjunto de articulaciones de flexión
1410 interconecta el árbol de propulsión 1412 y la rueda
de inercia 1414. La rueda de inercia 1414 puede ser unida
15 al reborde 1404 del conjunto de articulaciones de flexión
1410.

 El principio de funcionamiento del giroscopio es-
tá basado en el desacoplamiento angular de un rotor de gi-
roscopio en rotación, tal como la rueda de inercia 1414,
20 respecto del árbol de propulsión 1412. Para entender este
concepto, considérese que la conexión entre la rueda y el
árbol es una junta universal sin fricción. En dicha junta
universal, habría una restricción mínima para el movimiento
angular entre la rueda y el árbol. Además, dicha junta uni-
25 versal proporciona alta resistencia al movimiento de trans-
lación, paralela y perpendicularmente al eje de rotación.

 Cuando el momento de inercia de cada uno de los
elementos cardan es ajustado de acuerdo con una ecuación
de sintonización, el rotor en rotación está libre para des-
30 viarse por pequeños ángulos sin experimentar pares de tor-

1 sión de reacción. Así, se logra una junta universal sustan-
cialmente sin fricción. Este concepto está explicado con ma-
yor detalle en la patente de los Estados Unidos número
3.678.764. La característica de rotor sintonizado seco, es
5 decir sin flúido, elimina todas las desventajas de los ca-
bles de energía de trenza, inestabilidad de masa, sensibi-
lidad a la radiación, estratificación de flúido, pivotes
cardan, etc. que son comunes a los giroscopios rellenos con
flúido.

10 En la figura 25 puede verse que la rueda de iner-
cia 1414 está fijada al reborde 1404 y tal como se deduce
de la figura 5, por lo tanto, a elementos propulsados 154a,
154b, 164a y 164b y, a su vez, a través de paletas de fle-
xión a los elementos cardan 152 y 162, véanse figuras 5 y
15 8, y también la figura 4. Los elementos cardan 152 y 162,
que están unidos entre sí, están fijados a los elementos
propulsores 148a, 148b, 158a y 158b por articulaciones de
flexión. La rueda de inercia 1414 y el conjunto de articu-
laciones de flexión 1410 forman todo el elemento sensible.
20 Tal como se muestra en la figura 25, el árbol 1412 está so-
portado por un alojamiento o envolvente 1416 con un par de
cojinetes de bolas 1418 previamente cargados. Los cojinetes
de bolas en este instrumento no son parte del elemento sen-
sible, y por lo tanto no tienen influencia sobre el dese-
25 quilibrio de masas de la rueda de inercia 1414.

Las tomas de capacitancia que comprenden una plu-
ralidad de placas 1420, en cooperación con el reborde 1422
de la rueda de inercia 1414, forman cuatro pares de conden-
sadores para percibir desplazamiento angular del alojamien-
30 to de giroscopio con relación al elemento rotor. Las seña-

1 les de toma pueden ser luego anuladas por formadores de
par de torsión y servobucles (no mostrados), proporcionan-
do de esta manera dos ejes de estabilización por inercia o
mediciones de velocidad angular. Las cuatro tomas de capa-
5 citancia están separadas equiangularmente alrededor del re-
borde 1422 (mostrándose sólo una toma en la figura 9).

Unos medios para aplicar par de torsión de co-
rrientes parásitas a la rueda de inercia 1414 están mostra-
dos en la figura 25. Un segundo reborde conductivo 1424
10 está colocado alrededor de la rueda de inercia 1414 y al
otro lado de la misma. El reborde 1424 se acopla dentro de
los espacios libres de cuatro electroimanes 1426a, 1426b,
1426c y 1426d dispuestos simétricamente de modo circunfe-
rencial (sólo se muestra el imán 1426d en la figura 25).

15 Cada uno de los electroimanes tiene una bobina portadora
de corriente que está conectada para permitir controlar la
corriente, por ejemplo mediante medios de control tal como
computadoras o medios de subordinación (no mostrados). Las
bobinas de los electroimanes son 1428a, 1428b, 1428c y
20 1428d (dos de las cuales están mostradas en la figura 25).
Los electroimanes están soportados sobre una ménsula fija-
da al alojamiento 1416. Cuando se desea aplicar un par de
torsión al reborde de rueda de inercia 1424 alrededor de
un eje (no mostrado) que pasa a través de imanes 1426a y
25 1426c, los imanes 1426a y 1426c son excitados. Las corrien-
tes parásitas inducidas en el reborde 1424 reaccionan con
el campo magnético para producir este par de torsión. Cuan-
do se desea aplicar un par de torsión al reborde 1424 al-
rededor de un eje (no mostrado) que pasa a través del cen-
30 tro de imanes 1426b y 1426d, los imanes 1426b y 1426d son

1 excitados.

El aislamiento respecto de campos magnéticos exteriores es proporcionado por la selección de un material apropiado para el alojamiento 1416, que puede estar hecho
5 de un acero con alta permeabilidad.

El motor de rotación puede ser un motor síncrono de histéresis de tres fases que propulsa de este modo al árbol 1412, al conjunto de articulaciones de flexión 1410, y a la rueda de inercia 1414 con la deseada frecuencia de
10 rotación. El motor de rotación comprende arrollamientos de estator 1430, anillos de histéresis 1432 y el plato 1434.

REIVINDICACIONES

15

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

20

1ª.- Un conjunto perfeccionado de articulaciones de flexión que comprende miembros tubulares interior y exterior, dispuestos concéntricamente parcialmente fijados uno a otro, estando dividido cada miembro tubular en porciones distintas en virtud de pares mutuamente adyacentes
25 de aberturas interconectadas por rendijas, siendo las porciones de cada miembro tubular desplazables angularmente una con respecto a la otra cuando están interconectados por paletas de flexión susceptibles de ser curvadas formadas por el material que ha quedado entre cada par de aberturas, con cada par de una pluralidad de pares de paletas

30

1 de flexión radialmente adyacentes y dispuestas de modo cru-
zado ortogonalmente, de las cuales cada paleta de flexión
individual forma parte de uno distinto entre los miembros
5 tubulares, que forma una de pluralidad de articulaciones
de flexión, caracterizado por una orientación de algunas de
las paletas de flexión de cada miembro tubular en un primer
ángulo específico con el eje del miembro tubular y una orien-
tación diferente de las restantes paletas de flexión del
10 mismo miembro tubular en un segundo ángulo específico que
es perpendicular con respecto a la orientación de las pale-
tas de flexión que forman el primer ángulo específico.

2ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado porque una
mitad de las paletas de flexión de un miembro tubular está
15 orientada en el primer ángulo específico y la restante mi-
tad de las paletas de flexión del mismo miembro tubular es-
tá orientada en el segundo ángulo específico.

3ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con las reivindicaciones 1ª ó 2ª, caracterizado
20 porque dicho miembro tubular interior tiene al menos una
porción de elemento cardan interior conectada con un par
de paletas de flexión interiores, teniendo dicho miembro tu-
bular exterior al menos una porción de elemento cardan ex-
terior conectada con un par de paletas de flexión exterior-
25 res.

4ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con la reivindicación 3ª, caracterizado porque di-
chas porciones de elementos cardan son el resultado de ren-
dijas que interconectan cada una de un par de aberturas con
la más próxima de un par de aberturas adyacentes circunfe-

~~30~~


1 renciaalmente, en cada uno de dichos miembros tubulares interior y exterior respectivamente.

5 5ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque dicho miembro tubular interior tiene al menos una porción de elemento cardan interior y al menos una porción de elemento propulsor interconectada por un par de paletas de flexión; y porque dicho miembro tubular exterior tiene al menos una porción de elemento cardan exterior y al menos una porción de elemento propulsado interconectadas por un par de paletas de flexión.

15 6ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque pares de aberturas adyacentes en dicho miembro tubular exterior definen un primer par y un segundo par de paletas de flexión que están distanciadas equiangularmente alrededor de la circunferencia del miembro tubular exterior y las paletas de flexión exteriores de dicho primer par están consecutivamente distanciadas alrededor de la circunferencia de dicho miembro tubular exterior.

20 7ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 5ª, caracterizado porque pares de aberturas adyacentes en dicho miembro tubular exterior definen un primer par y un segundo par de paletas de flexión que están distanciadas equiangularmente alrededor de la circunferencia del miembro tubular exterior y las paletas de flexión exteriores de dicho primer par y de dicho segundo par están distanciadas alternadamente alrededor de la circunferencia de dicho

25



1 miembro tubular exterior.

8ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque dichos primero y segundo ángulos específicos de paletas de flexión tienen cada uno una magnitud de aproximadamente 45º pero de dirección opuesta respecto del eje común normalmente coincidente de los miembros tubulares concéntricos.

9ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, caracterizado porque dicho primer ángulo específico de paleta de flexión es sustancialmente de cero grados y dicho segundo ángulo específico de paleta de flexión es sustancialmente de 90º.

10ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque dicho miembro tubular interior comprende una porción de elemento propulsor, interior, una porción de elemento cardan interior y una porción de elemento propulsado interior, dicho miembro tubular exterior comprende una porción de elemento propulsor exterior, una porción de elemento cardan exterior y una porción de elemento propulsado exterior, definiendo las paletas de flexión interiores de un primer par de paletas de flexión interiores un primer eje de flexión interior común y conectando a dicho elemento cardan interior con dicho elemento propulsor interior, teniendo las paletas de flexión interiores de un segundo par de paletas de flexión interiores un segundo eje de flexión interior común y conectando a dicho elemento cardan interior con dicha primera porción de elemento propulsa-

~~30~~

1 do interior, estando dichos primero y segundo ejes de flexión interiores orientados sustancialmente de modo mutuamente ortogonal, en que las paletas de flexión exteriores de un primer par de paletas de flexión exteriores tienen
5 un primer eje de flexión exterior común y conectan a dicho elemento cardan exterior con dicho elemento propulsor exterior, y en que las paletas de flexión exteriores de un segundo par de paletas de flexión exteriores tienen un segundo eje de flexión exterior común y conectan a dicho elemento cardan exterior con dicho elemento propulsado exterior,
10 estando dichos primero y segundo ejes de flexión exteriores orientados sustancialmente de modo mutuamente ortogonal, intersectándose dichos primero y segundo eje de flexión interiores y dichos primero y segundo ejes de flexión exteriores en un punto de pivotamiento común.
15

11ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con la reivindicación 10ª, caracterizado porque los ejes de flexión de dicho elemento propulsor interior y dicho elemento propulsado interior se intersectan en un
20 punto de pivotamiento común de dicho miembro tubular interior y están desplazados en la misma dirección axial desde dicho punto de pivotamiento común.

12ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con la reivindicación 11ª, caracterizado porque
25 los ejes de flexión de dicha porción de elemento propulsor exterior y de dicha porción de elemento propulsado exterior de dicho miembro tubular exterior están desplazados en la misma dirección axial desde dicho punto de pivotamiento común.

13ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de

~~30~~

1 acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a
12ª, caracterizado porque dicha porción de elemento propul-
sor interior de dicho miembro tubular interior incluye un
cubo, cerrando dicho cubo parcialmente a un extremo de di-
5 cho miembro tubular interior y estando conectado con dicho
primer par de paletas de flexión interiores, incluyendo di-
cho cubo unos medios para conectar dicho elemento propul-
sor interior con un árbol de propulsión.

10 14ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a
13ª, caracterizado porque los ejes de flexión de dicha por-
ción de elemento propulsor exterior de dicho miembro tubu-
lar exterior están desplazados respecto de dicho punto de
15 pivotamiento común en la misma dirección axial que los ejes
de flexión de dicha porción de elemento propulsor interior,
y dicha porción de elemento propulsor exterior está fijada
a dicha porción de elemento propulsor interior de dicho
miembro tubular interior, y dicha porción de elemento pro-
pulsado interior de dicho miembro tubular interior está fi-
20 jada a dicha porción de elemento propulsado exterior de di-
cho miembro tubular exterior.

25 15ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado porque di-
cha porción de elemento cardan interior y dicha porción de
elemento cardan exterior están fijadas una a otra para for-
mar un conjunto de articulaciones de flexión que tiene efec-
tivamente un único elemento cardan, estando colocados di-
chos miembros tubulares interior y exterior uno con rela-
ción al otro para alinear sustancialmente de modo colineal
30 a dicho primer eje de flexión interior con dicho primer eje

1 de flexión exterior.

5 16ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a 13ª, caracterizado porque la porción de elemento propulsor interior y la porción de elemento propulsado interior de dicho miembro tubular interior están cada una de ellas desplazadas en la dirección axial opuesta desde dicho punto de pivotamiento común, como lo están la porción de elemento propulsado exterior y la porción de elemento propulsado exterior de dicho miembro tubular exterior, estando dichos elementos cardan interior y exterior de dichos miembros tubulares interior y exterior al menos parcialmente encajados uno dentro del otro.

10

15 17ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a 16ª, caracterizado porque dicha porción de elemento propulsor interior incluye un primer cubo que encierra parcialmente un extremo de dicho miembro tubular interior, incluyendo dicho primer cubo unos medios para conectar dicho miembro tubular interior con un árbol de propulsión, y en que dicha porción de elemento propulsor exterior incluye un segundo cubo que encierra parcialmente a un extremo de dicho miembro tubular exterior, incluyendo dicho segundo cubo unos medios para conectar dicho miembro tubular exterior con el árbol de propulsión.

20

25

18ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo con la reivindicación 17ª, caracterizado porque dicho primer cubo está conectado con dicha porción de elemento cardan interior por dicho primer par de paletas de flexión interiores y dicho segundo cubo está conectado con di-

~~30~~

1 cha porción de elemento cardan exterior por dicho primer
par de paletas de flexión exteriores.

5 19ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con las reivindicaciones 17ª ó 18ª, caracterizado
por la disposición de un tercer miembro tubular, colocado
coaxialmente dentro de dichos miembros tubulares interior
y exterior, extendiéndose dicho tercer miembro tubular en-
tre dichos primero y segundo cubos para limitar el encaje
de dichos miembros tubulares interior y exterior en una
10 posición de uno de ellos con respecto al otro.

15 20ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3ª a
19ª, caracterizado porque el diámetro exterior de dicha
porción cardan interior es sustancialmente igual al diáme-
tro interior de dicha porción cardan exterior, y porque
dichas porciones cardan interior y exterior están conecta-
das para formar un conjunto de articulaciones de flexión
que tiene efectivamente un único elemento cardan, siendo
dicho primer eje de flexión interior sustancialmente co-
20 lineal con dicho primer eje de flexión exterior.

25 21ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3ª a
19ª, caracterizado porque el diámetro exterior de dicho
elemento cardan interior es más corto que el diámetro in-
terior de dicho elemento cardan exterior para permitir una
rotación independiente de dichos elementos cardan interior
y exterior por pequeños ángulos.

30 22ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a
21ª, caracterizado porque dichos miembros tubulares inte-

~~30~~

1 rior y exterior están fijados parcialmente uno a otro,
siendo dicho primer eje de flexión interior sustancialmen-
te colineal con dicho primer eje de flexión exterior.

5 23ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a
21ª, caracterizado porque dichos miembros tubulares inte-
rior y exterior están fijados parcialmente uno al otro,
siendo dicho primer eje de flexión interior sustancialmen-
te ortogonal a dicho primer eje de flexión exterior.

10 24ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10ª a
23ª, caracterizado porque dichas porciones de elemento pro-
pulsor interior y de elemento propulsado interior están
desplazadas axialmente en direcciones opuestas desde dicho
15 punto de pivotamiento común y en que dichas porciones de
elemento propulsor exterior y de elemento propulsado exte-
rior están desplazadas axialmente en direcciones opuestas
desde dicho punto de pivotamiento común.

20 25ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con la reivindicación 24ª, caracterizado porque
el diámetro exterior de dicho miembro tubular interior y
el diámetro interior de dicho miembro tubular exterior son
sustancialmente de igual longitud, las porciones de los
elementos propulsores interior y exterior están fijadas
25 una a otra, los elementos cardan interior y exterior están
fijados entre sí, y las porciones de elementos propulsados
interior y exterior están fijadas entre sí, para formar de
este modo un conjunto de articulaciones de flexión que
tiene efectivamente un único elemento cardan.

 30

26ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de

1 acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3ª a
25ª, caracterizado porque las porciones de elemento cardan
de dichos miembros tubulares interior y exterior tienen
un centro de gravedad sobre dicho eje normalmente coinci-
5 dente, dicho miembro tubular interior tiene una porción
propulsora interior y primeras y segundas porciones car-
dan, estando dichas primeras y segundas porciones cardan
interiores desplazadas axialmente en direcciones opuestas
desde dicho centro de gravedad, estando conectada dicha
10 primera porción cardan interior con dicha porción propul-
sora interior por un primer par de paletas de flexión in-
teriores que tienen un primer eje de flexión interior co-
mún, estando conectada dicha segunda porción cardan inte-
rior con dicha porción propulsora interior por el segundo
15 par de paletas de flexión interiores que tienen un segundo
eje de flexión interior común, siendo dichos primero y se-
gundo ejes de flexión interiores sustancialmente ortogona-
les mutuamente, teniendo dichos miembros tubulares exte-
riores una porción propulsada exterior y primeras y segun-
20 das porciones cardan exteriores, estando dichas primera y
segunda porciones cardan exteriores desplazadas axialmente
en direcciones opuestas desde dicho centro de gravedad, es-
tando conectada dicha primera porción cardan exterior con di-
cha porción propulsada exterior por un par de primeras pale-
25 tas de flexión exteriores que tienen un eje de flexión común,
estando conectada dicha segunda porción cardan exterior con
dicha porción propulsada exterior por un par de segundas pa-
letas de flexión exteriores que tienen un segundo eje de fle-
xión exterior común, siendo dichos primero y segundo ejes

30

1 de flexión exteriores sustancialmente ortogonales mutuamente,
estando fijada dicha primera porción cardan interior a dicha
primera porción cardan exterior para formar un elemento car-
dan, estando fijada dicha segunda porción cardan interior a
5 dicha segunda porción cardan exterior para formar un segundo
elemento cardan.

27ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de acuerdo
do con la reivindicación 26, caracterizado porque los diáme-
tros interiores de dichas primera y segunda porciones de ele-
10 mentos cardan interiores son sustancialmente iguales y cada
uno de ellos es más largo que el diámetro interior de dicha
porción de elemento propulsor interior para permitir una ro-
tación independiente de una de dichas porciones de elementos
cardan interiores con respecto a la otra de dichas porciones
15 de elementos cardan.

28ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
acuerdo con la reivindicación 27ª, caracterizado porque los
centros de gravedad individuales de dichas primera y segunda
porciones de elementos cardan están desplazadas axialmente a
20 lo largo de dicho eje normalmente coincidente en direcciones
opuestas, pero están a distancias sustancialmente iguales del
centro de gravedad combinado de dichas primera y segunda por-
ciones de elementos cardan.

29ª.- Conjunto de articulaciones de flexión de
25 acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones preceden-
tes, caracterizado porque forma parte de un giróscopo, com-
prendiendo el giróscopo un árbol de propulsión rotatorio; un
motor para hacer girar dicho árbol de propulsión; una rueda
de inercia; y dicho conjunto de articulaciones de flexión
30 que suspende dicha rueda de inercia desde dicho árbol de pro-

1 pulsión; en virtud del hecho de que dicho conjunto de articulaciones de flexión está montado sobre dicho árbol de propulsión y dicha rueda de inercia está montada sobre dicho conjunto de articulaciones de flexión.

5 30ª.- Un conjunto perfeccionado de articulaciones de flexión.

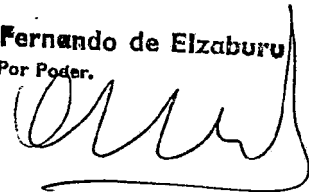
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de CIENTO hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 30 JUL 1977

P.A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder.



15

20

25

30

VAN


Fig. 1

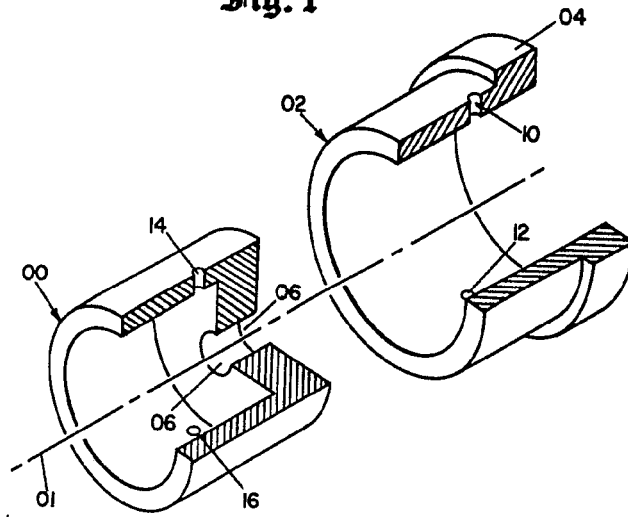
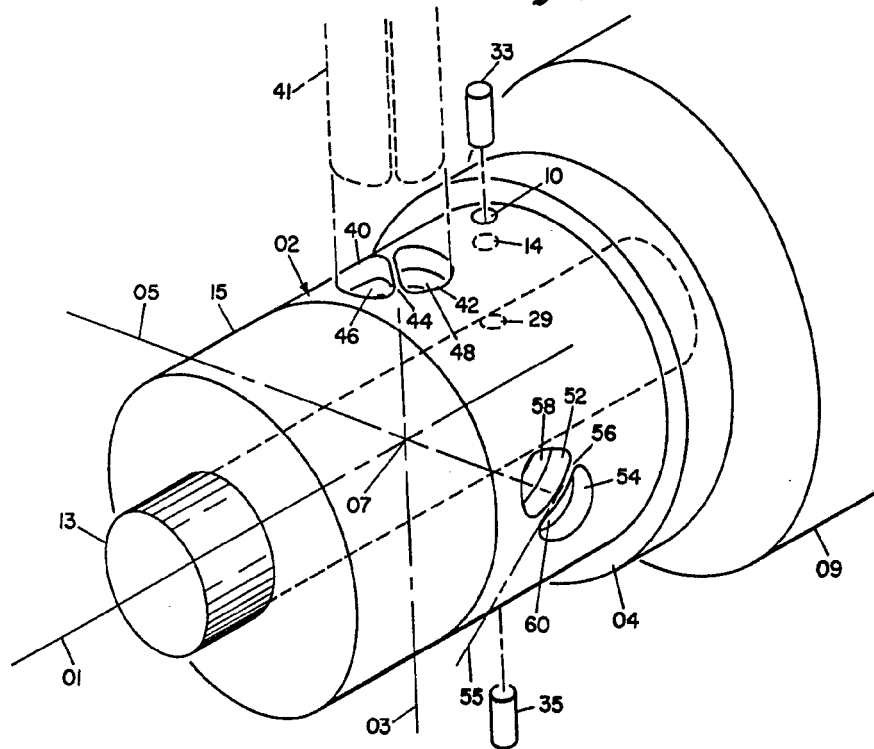


Fig. 2



For information only
LITTON INDUSTRIES, INC.
SPAIN

Fig. 3

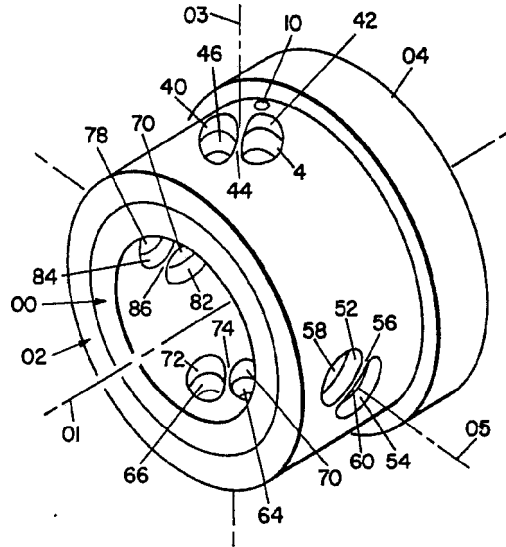
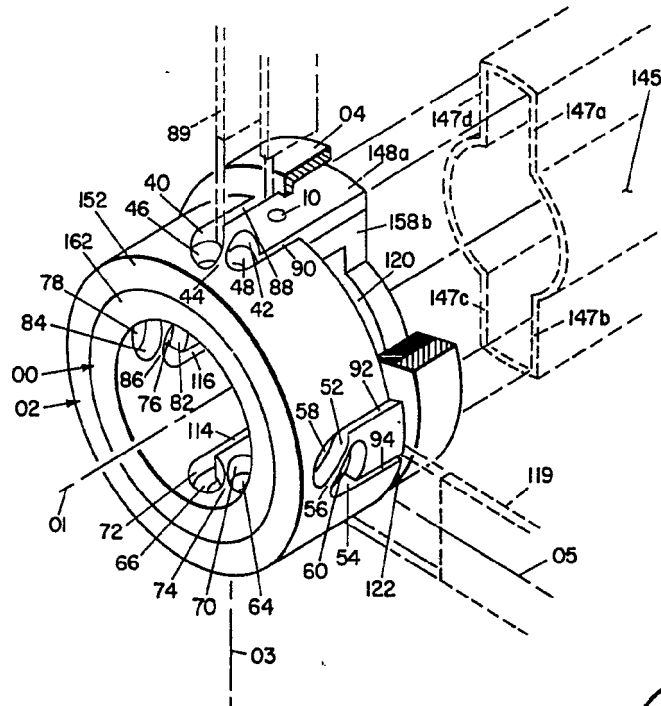


Fig. 4



Fernando de Siqueira
Fernando de Siqueira
Pat. 51987

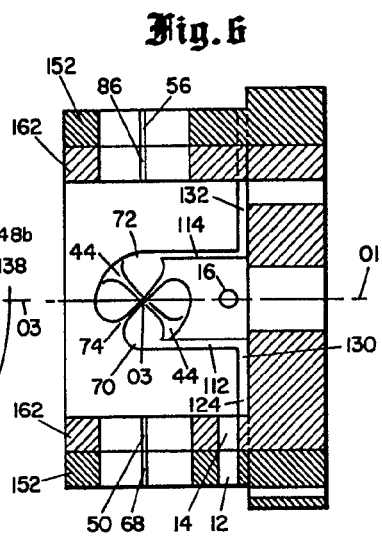
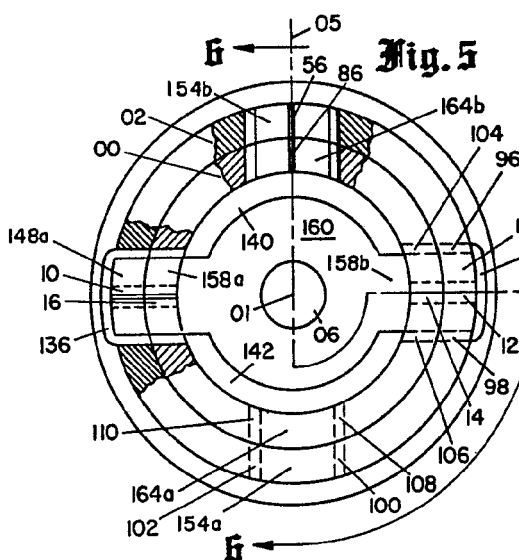


Fig. 7

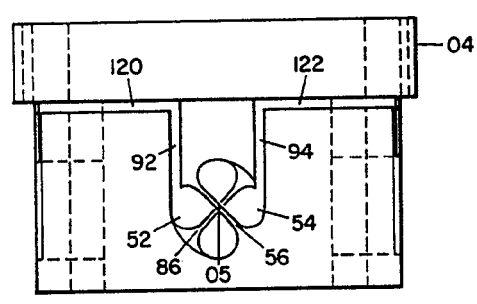
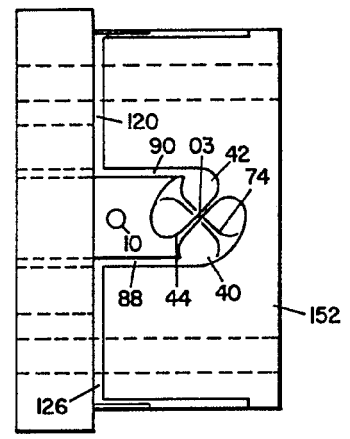
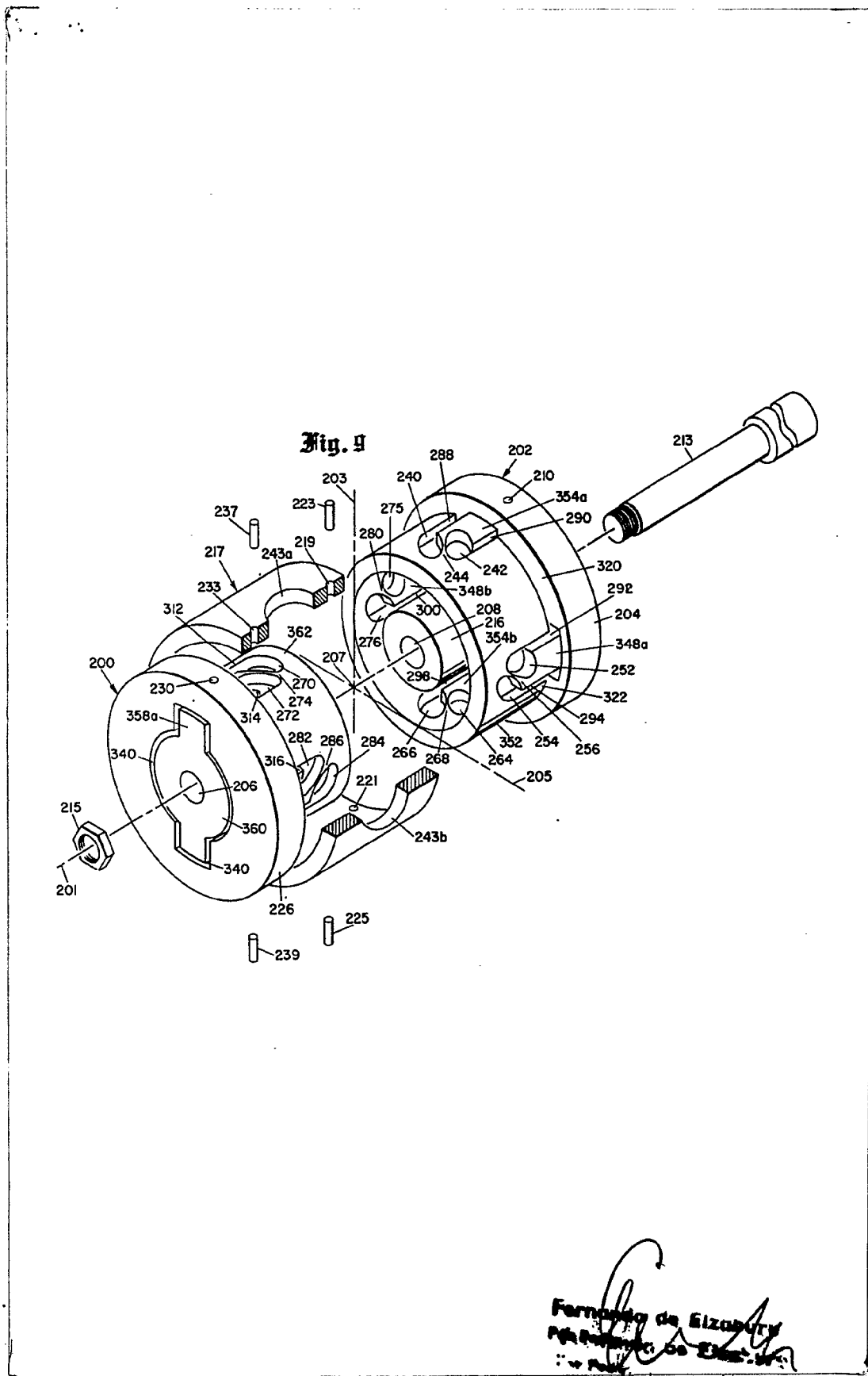


Fig. 8



For the Patent Office
For the Patent Office
For the Patent Office



Fernando de Elizabury
Patent Attorney
New York, N.Y.

Fig. 10a

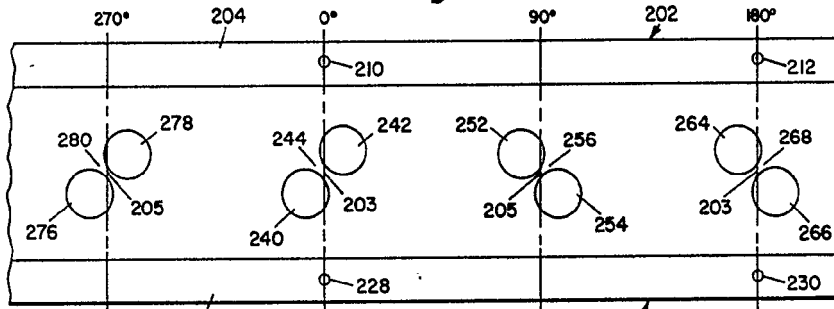


Fig. 10b

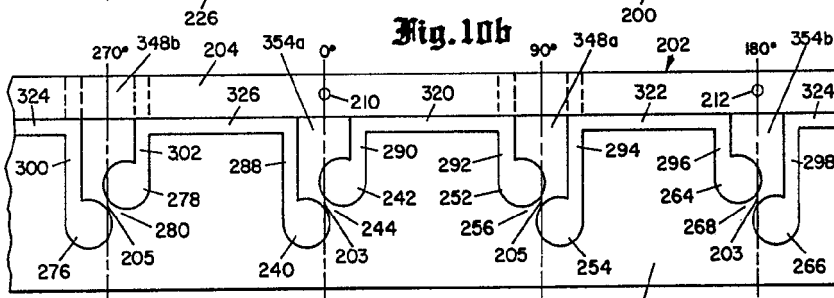


Fig. 10c

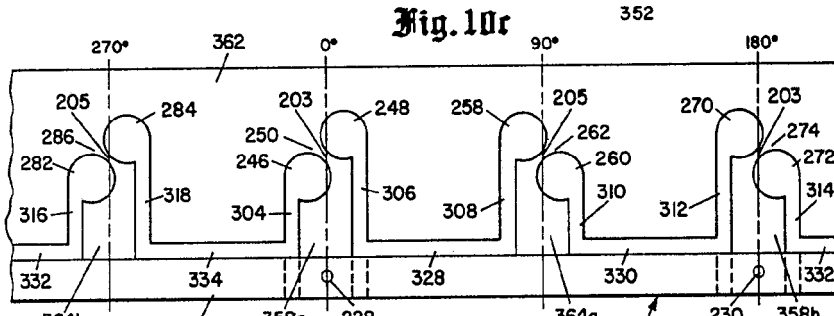


Fig. 10d

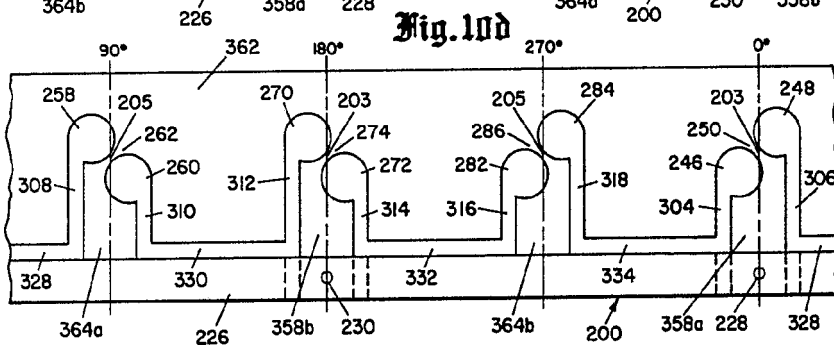


FIG. 10a, 10b, 10c, 10d
DISEÑADO POR ELIZABETH
PER POKER

Fig. 11

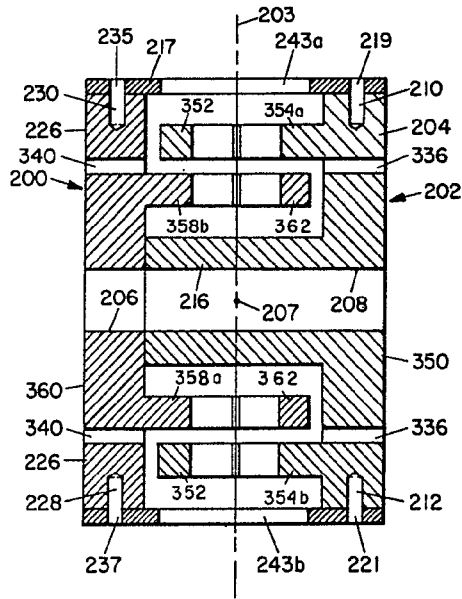


Fig. 12

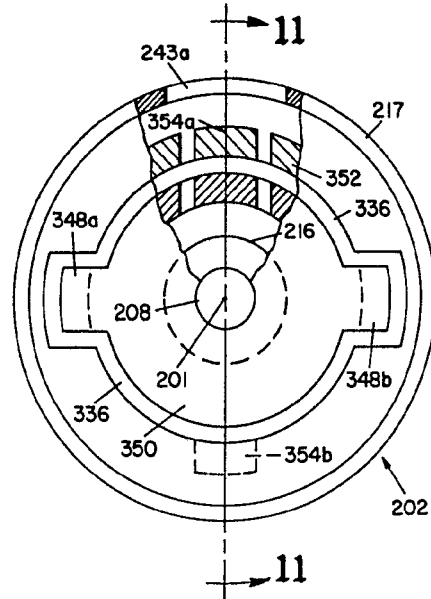
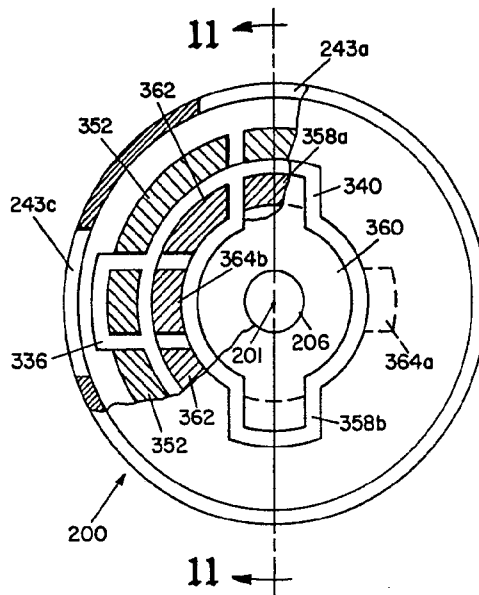


Fig. 13



For Assembly of this device
See Manual

Fig. 14a

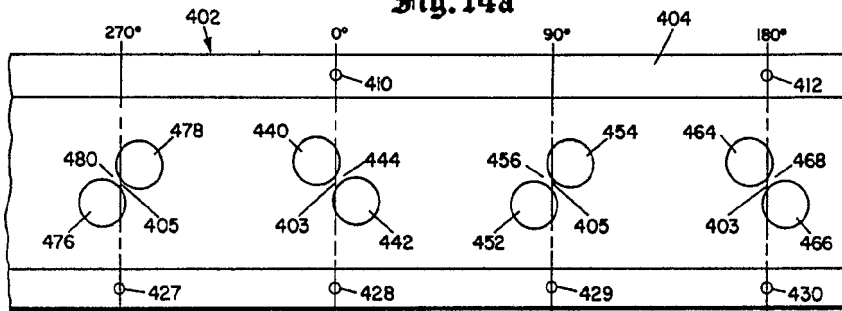


Fig. 14b

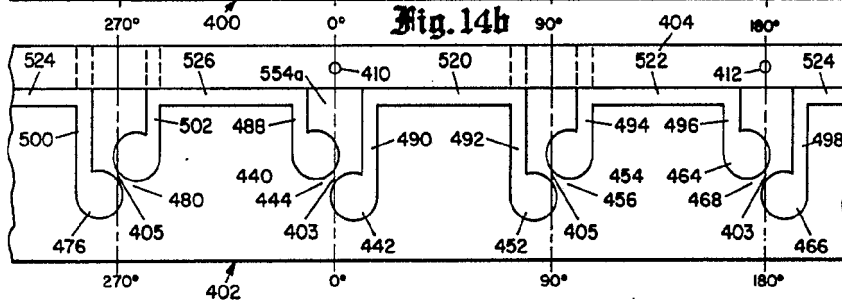


Fig. 14c

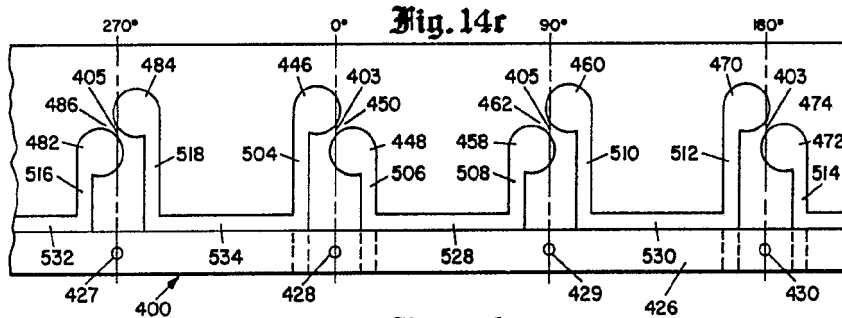
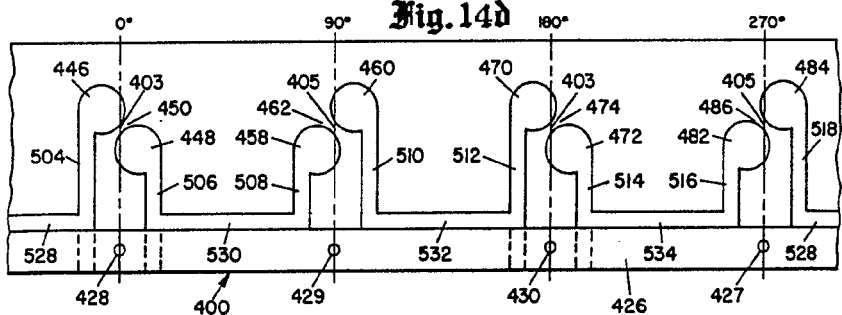
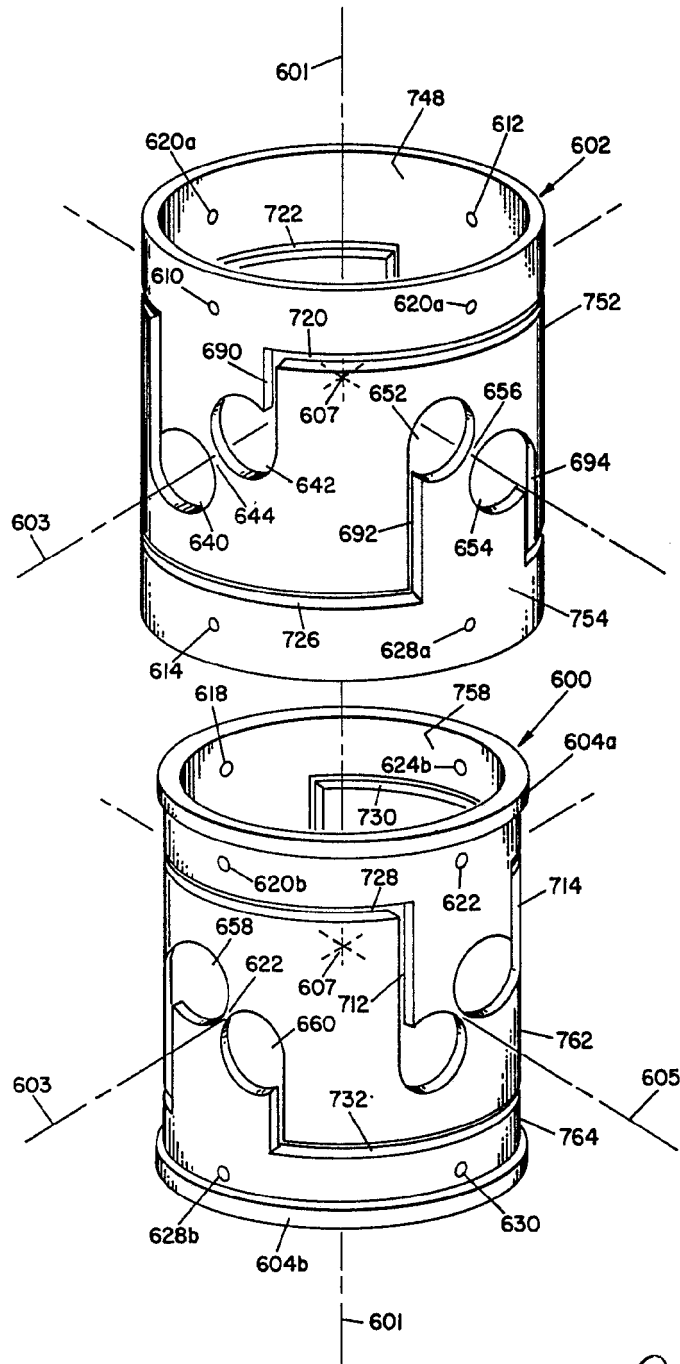


Fig. 14d



For Signature to Litton
...
[Handwritten Signature]

Fig. 15



Fernando de Echeburu
Inventor

Fig. 16a

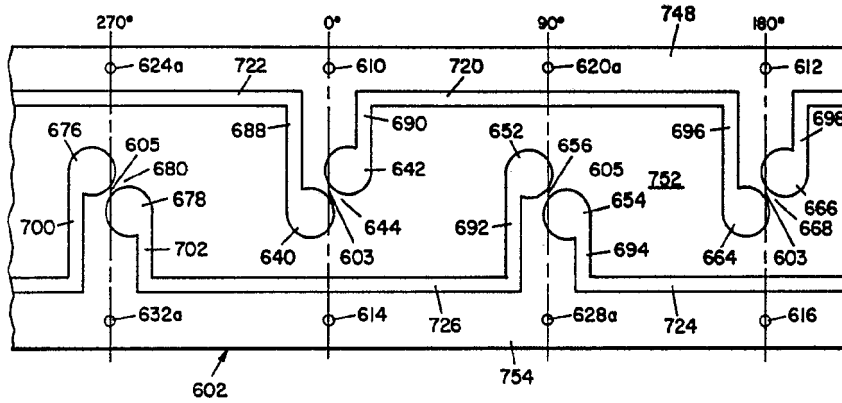


Fig. 16b

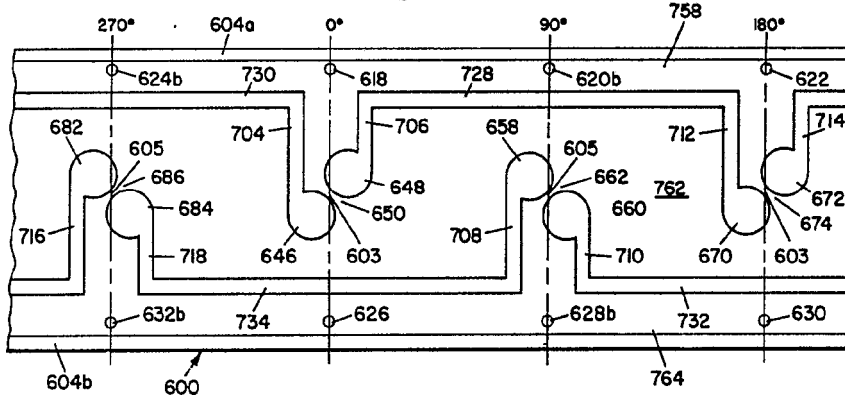
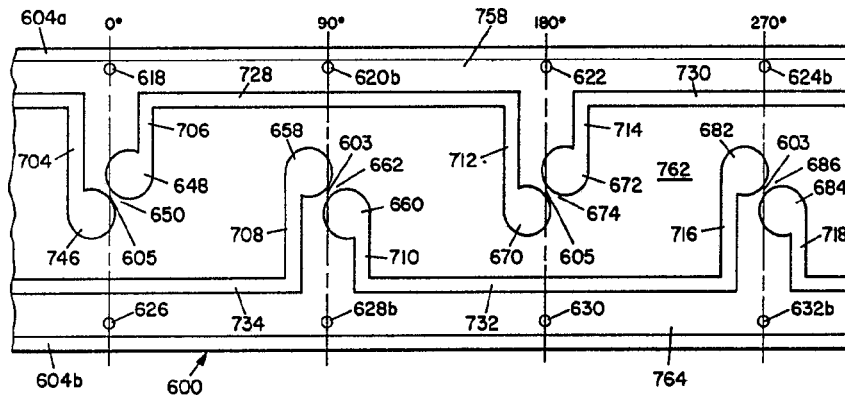


Fig. 16c



Elizabeth
Forney
Per Forney

Fig. 17a

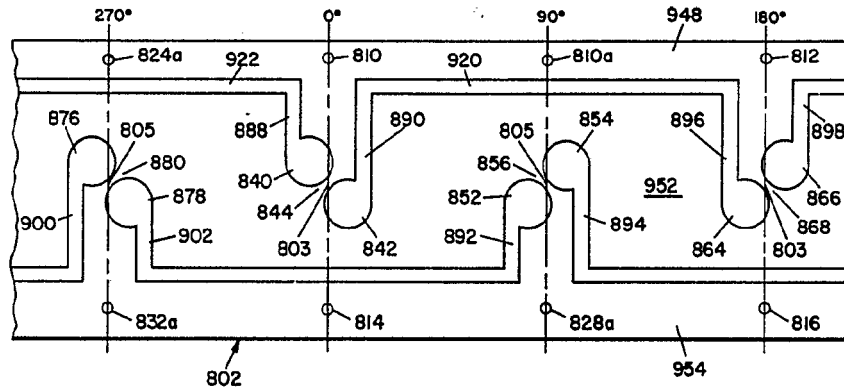


Fig. 17b

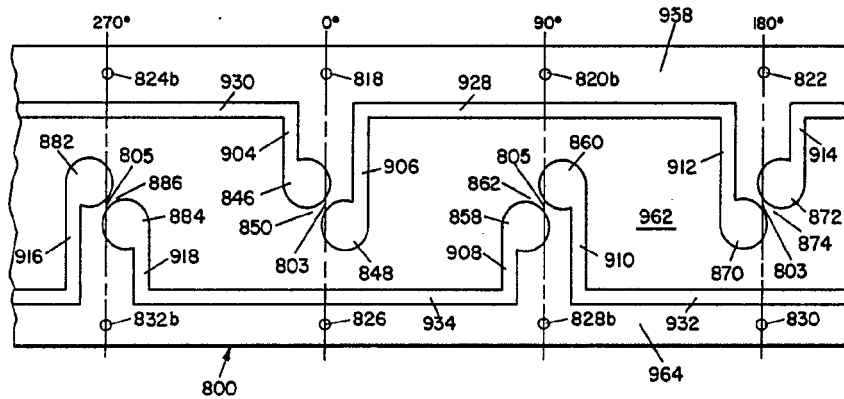
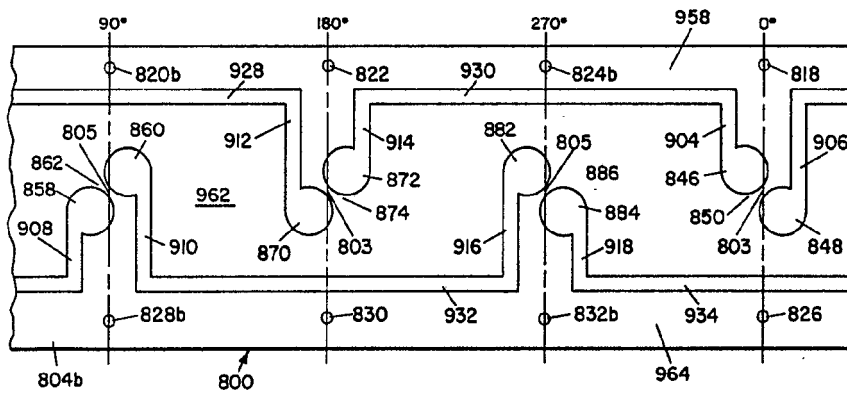
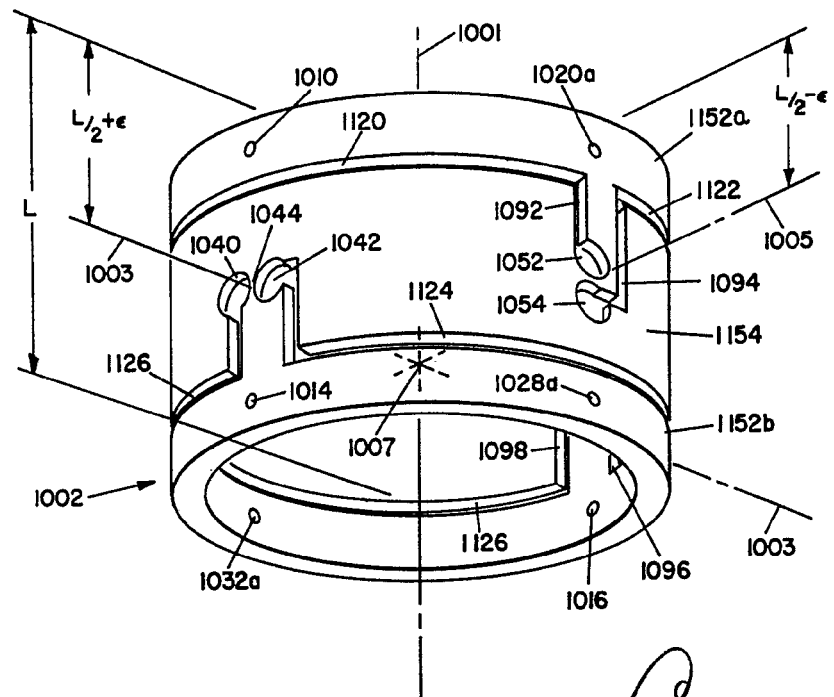
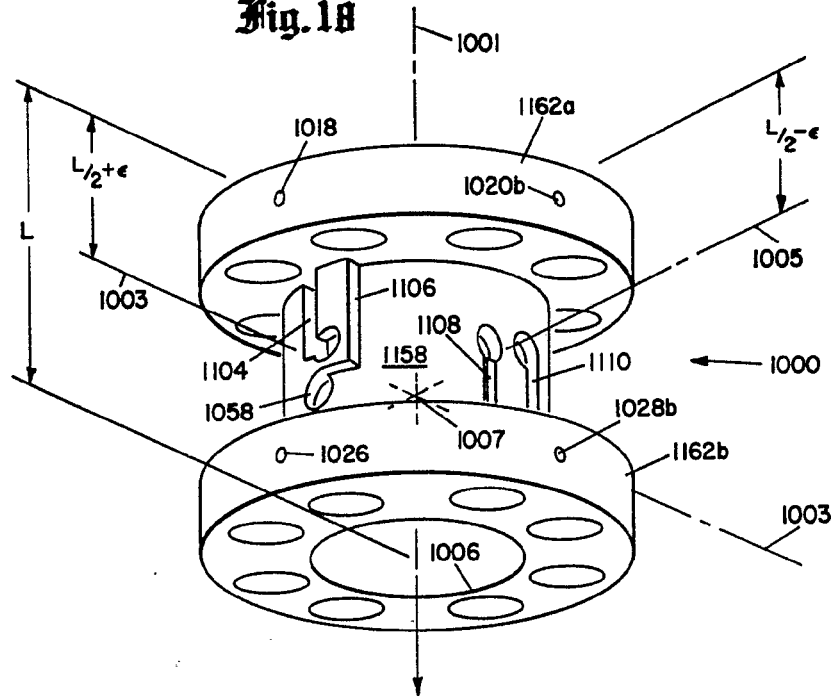


Fig. 17c

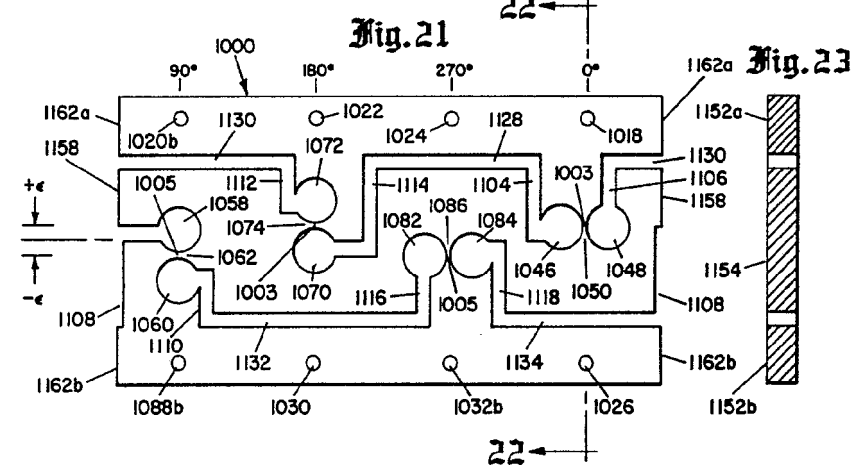
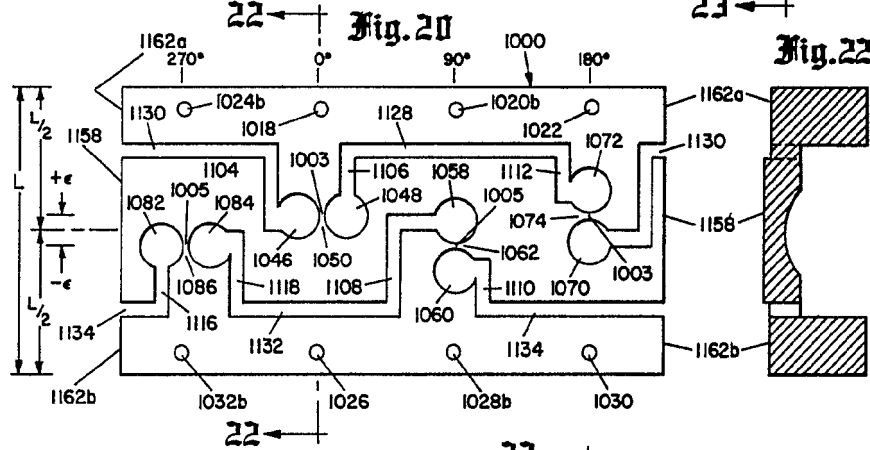
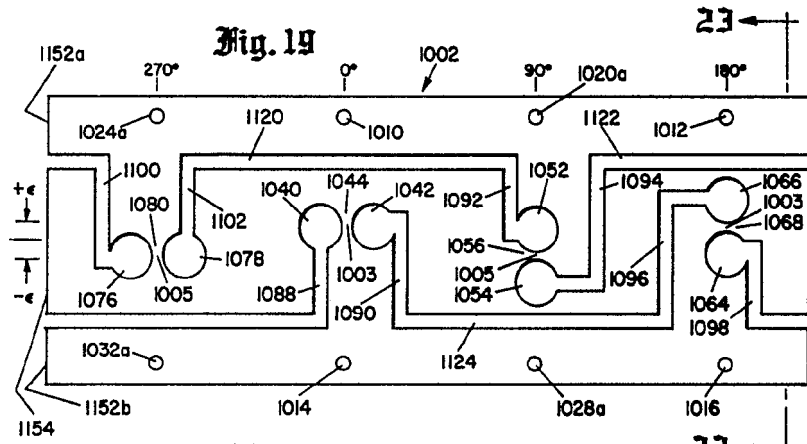


Fernando de Elizaburu
Fernando de Elizaburu
Por Poder.

Fig. 18



Fernando de Elizaburu
Patented in Mexico
Peru, etc.



Fabricado en España
Fabricado en España
Por Plata.

Fig. 24a

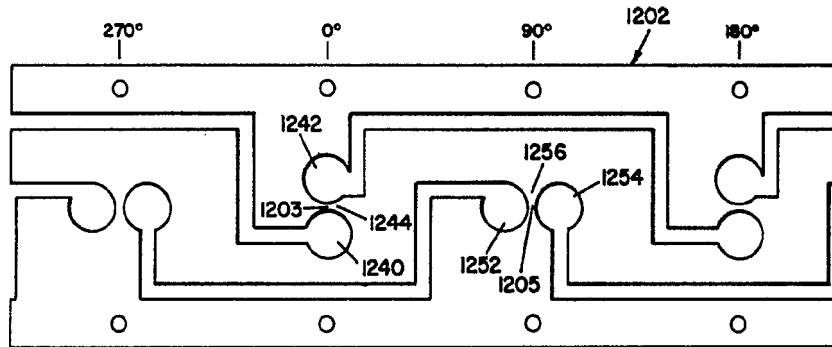


Fig. 24b

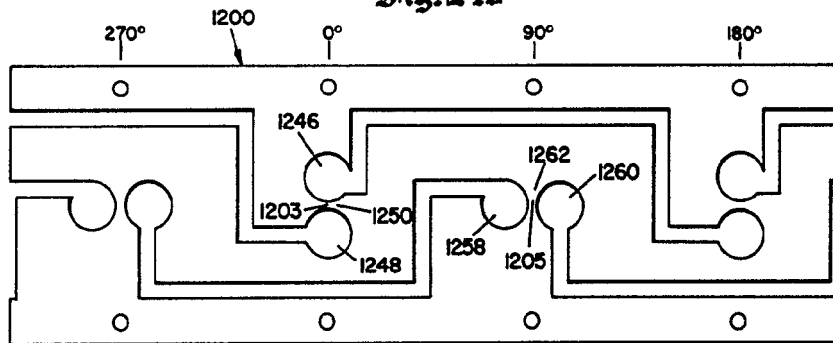
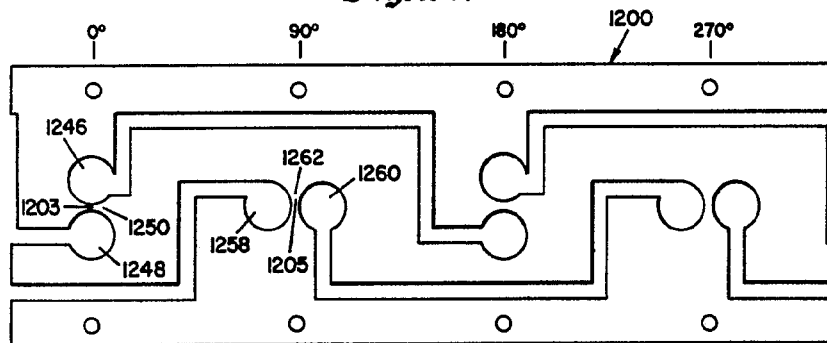
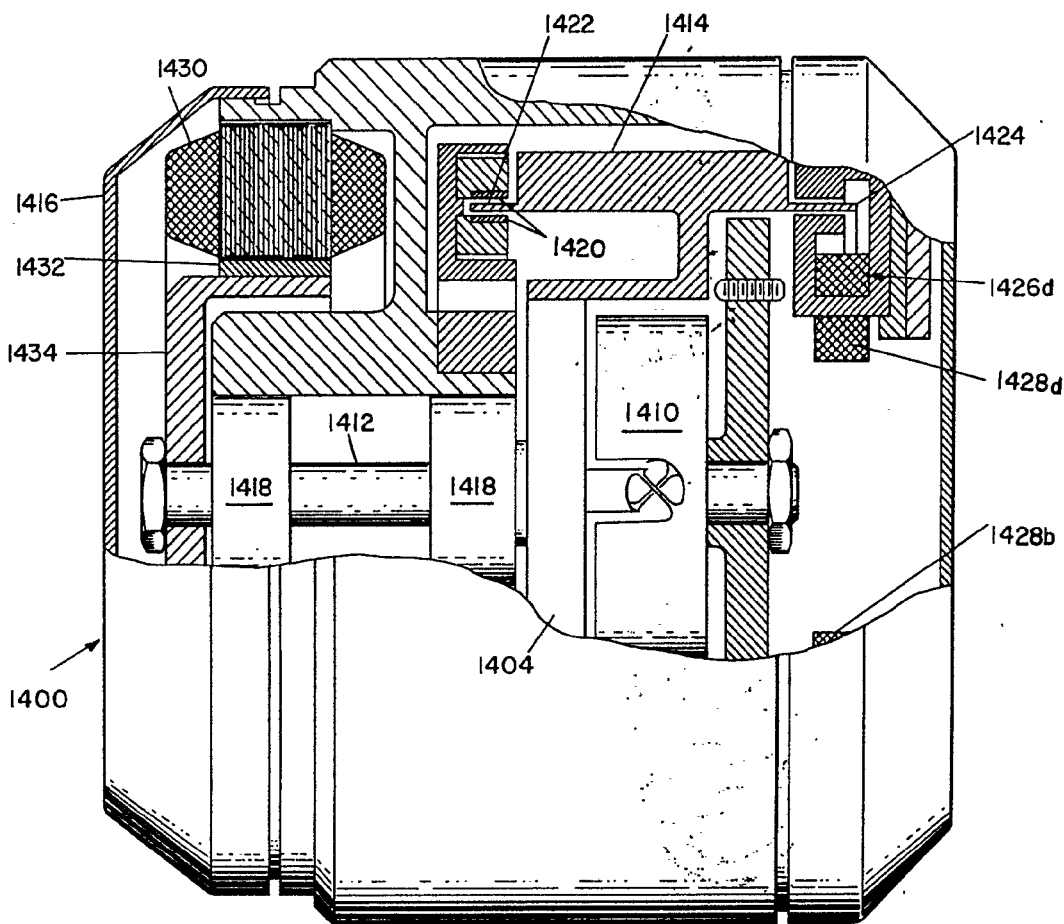


Fig. 24c



Fernando de Alzola
Fernando de Alzola
Per Podar

Fig. 25



Fernando de Alzaberg
Per Fidei