

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
18 de Octubre de 2007 (18.10.2007)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2007/116105 A1

(51) **Clasificación Internacional de Patentes:**
E04B 1/19 (2006.01)

(21) **Número de la solicitud internacional:**
PCT/ES2006/000179

(22) **Fecha de presentación internacional:**
12 de Abril de 2006 (12.04.2006)

(25) **Idioma de presentación:** español

(26) **Idioma de publicación:** español

(71) **Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):**
LANIK I, S.A. [ES/ES]; Mundaiz, 8, E-20012 San Sebastian (ES).

(72) **Inventor; e**

(75) **Inventor/Solicitante (para US solamente):** **MARTÍNEZ APEZTEGUIA, Juan** [ES/ES]; Avenida De Sancho El Sabio N° 24 - 3°, E-20010 San Sebastian (ES).

(74) **Mandatario:** **CARPINTERO LÓPEZ, Francisco;** Her-rero & Asociados, S.L., Alcalá, 35, E-28014 Madrid (ES).

(81) **Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, **BR**, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, **HR**, HU, **ID**, IL, IN, IS, **JP**, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(84) **Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, **BJ**, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

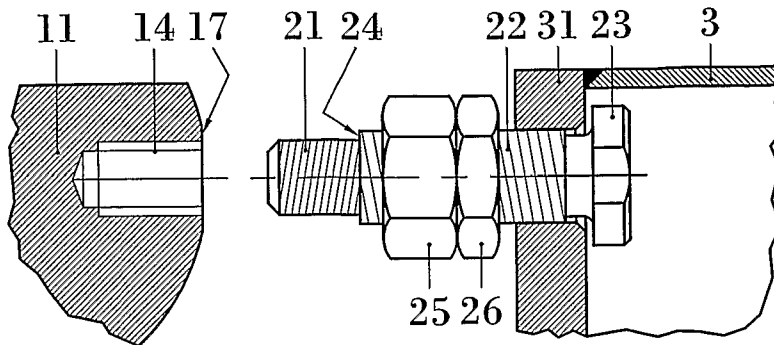
Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional*

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(54) **Title:** CONNECTION SYSTEM FOR SINGLE-LAYER SPATIAL STRUCTURES

(54) **Título:** SISTEMA DE CONEXIÓN PARA ESTRUCTURAS ESPACIALES MONOCAPA



(57) **Abstract:** Construction assembly for spatial structures that are based on bars joined at nodes, which comprises at least one central element (1, IA, IB, IC), a plurality of bars (3, 3A, 3B), and, for each bar, four screws (2, 2A, 2B) for joining each end of said bar to a central element (1, IA, IB, IC) by means of two of the screws. At least one of the screws has a threaded first part (21) that is more distal and a threaded second part (22) that is more proximal with respect to a head (23) of the screw. The threaded first part and the threaded second part are

separated by a stop surface (24) configured in order to abut against the central element (1, IA, IB, IC) when the screw is threaded in the central element, and the threaded first part and the threaded second part are threaded in opposite directions.

(57) **Resumen:** Conjunto de construcción para estructuras espaciales basadas en barras unidas en nudos, que comprende al menos un elemento central (1, IA, IB, IC), una pluralidad de barras (3, 3A, 3B), y, para cada barra, cuatro tornillos (2, 2A, 2B) para unir cada extremo de dicha barra a un elemento central (1, IA, IB, IC) mediante dos de los tornillos. Al menos uno de los tornillos tiene una primera parte roscada (21) más distal y una segunda parte roscada (22) más proximal con respecto a una cabeza (23) del tornillo. La primera parte roscada y la segunda parte roscada están separadas por una superficie de tope (24) configurada para hacer tope contra el elemento central (1, IA, IB, IC) cuando el tornillo se enrosca en el elemento central, y la primera parte roscada y la segunda parte roscada están roscadas en sentidos opuestos.

WO 2007/116105 A1

SISTEMA DE CONEXIÓN PARA ESTRUCTURAS ESPACIALES MONOCAPA

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

5 La invención se engloba en el campo de las estructuras espaciales, especialmente en el campo de las estructuras espaciales monocapa, basadas en nudos interconectados por barras. La invención tiene por objeto proporcionar un sistema de conexión eficiente entre los nudos y las barras que componen una estructura espacial monocapa, combinando unas
10 prestaciones acordes con las propiedades técnicas deseables para este tipo de estructuras, una gran versatilidad geométrica, un alto grado de prefabricación y un fácil proceso de montaje.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 Las estructuras espaciales monocapa, también conocidas como estructuras reticulares membranales, constituyen una particularización de las mallas espaciales, más conocidas y ampliamente utilizadas durante las últimas décadas en la construcción de cubiertas para grandes luces, así como en otros campos de la arquitectura y de la construcción. En sus
20 aplicaciones más frecuentes, las mallas espaciales constituyen un entramado de nudos y barras que se distribuyen en dos capas sensiblemente paralelas. Cada capa está formada por una retícula triangular o cuadrangular en la que las barras se conectan a los nudos mediante uniones que se consideran articuladas. La estructura se completa con una
25 serie de barras que, manteniendo una secuencia repetitiva, conectan los nudos de una capa con los de la otra de modo que el conjunto resulte estáticamente determinado.

 Las mallas espaciales ordinarias se componen de nudos y barras que normalmente se fabrican en taller con un alto grado de automatización y
30 acabado, y se ensamblan en obra por atornillado. Si bien existen muy diversos sistemas de conexión en el mercado, los que se han impuesto

- 2 -

claramente a los restantes son aquellos en los que la pieza central del nudo es esférica y las barras son de perfil tubular, con extremos conificados que quedan atravesados por sendos tornillos que combinados con alguna otra pieza propician su conexión al nudo.

5 Desde el punto de vista del cálculo estructural, en todos ellos la unión entre el nudo y la barra se considera como una articulación pura, es decir sin ninguna capacidad para transmitir flexión entre ambos. Consecuentemente en el resultado del análisis estructural las barras quedan sometidas únicamente a esfuerzos axiales, de tracción o compresión, lo cual responde con gran
10 fiabilidad al comportamiento real de estas estructuras. El perfil tubular de las barras con sección circular optimiza el aprovechamiento del material para este tipo de solicitaciones.

Durante las últimas décadas estas estructuras se han utilizado con gran profusión porque gracias a su eficiencia para cubiertas de grandes
15 luces y formas complejas, han dado una satisfactoria respuesta a las demandas de arquitectos y proyectistas. No obstante, hay determinadas aplicaciones en las que recientemente las estructuras espaciales, impulsadas por métodos muy avanzados de análisis, han dado un salto cualitativo importante. Las nuevas tendencias en arquitectura han
20 desarrollado enormemente la utilización del vidrio como elemento de cerramiento en cubiertas o lucernarios de grandes dimensiones, dejando una visión completa del cielo. Igualmente sucede con los muros cortina que proporcionan fachadas totalmente transparentes.

En gran parte de estas aplicaciones los proyectistas generalmente
25 pretenden reducir a su mínima expresión el impacto visual de las estructuras que sustentan el cerramiento de vidrio, por lo que, en lo que se refiere a las mallas espaciales que constituyen su estructura portante, se intenta reducir su volumen y número de elementos hasta convertirlas en estructuras reticulares de una sola capa, lo que también se conoce como estructuras
30 tipo membrana.

El trabajo estructural en membrana propiamente dicho implica que las sollicitaciones sobre los elementos reticulares que sustituyen a la hipotética membrana sean exclusivamente tracciones o compresiones. Esto puede conseguirse satisfactoriamente en estructuras cuya geometría se ajusta a un determinado sistema de cargas, concretamente haciendo que la estructura adopte la forma de lo que se conoce como funicular de cargas. En estructuras planas este comportamiento queda reflejado en catenarias y arcos, pero generalizándolo a estructuras tridimensionales se materializa principalmente en las cúpulas, sean casquetes esféricos o formas más complejas.

De forma general los sistemas reticulares monocapa, o de tipo membrana, sitúan los nudos de la estructura dentro de una superficie paralela al cerramiento que normalmente deben sujetar y del que reciben las acciones exteriores. Esta superficie, que puede denominarse "superficie generatriz", podrá ser de curvatura simple o más frecuentemente de curvatura doble. Las uniones entre nudos se materializan mediante barras que pueden ser de diferentes perfiles o secciones y que normalmente son rectas. El conjunto de la estructura constituye realmente un poliedro que se asemeja en mayor o menor grado a la citada superficie generatriz. Los nudos de la estructura son los vértices del poliedro y las barras sus aristas. Las retículas más normales para estas estructuras están formadas por triángulos o por cuadriláteros. En el caso más normal, de retícula triangular, en cada nudo concurren generalmente 6 barras. Estas retículas son indeformables dentro del desarrollo de la propia superficie. En las retículas a base de cuadriláteros concurren 4 barras en cada nudo y frecuentemente requieren algún tipo de diagonalización o arriostramiento ya que no son suficientemente estables.

En lo sucesivo se entenderá por "plano del ecuador" de un nudo el plano tangente a la superficie generatriz en dicho nudo. Se entenderá por "ángulo de elevación" de una barra respecto de un nudo el ángulo que forma el eje de la barra con el plano del ecuador del nudo en cuestión. Este ángulo

se considera negativo para superficies convexas, de curvatura positiva, y su valor no suele exceder de -10° . En determinadas superficies con zonas de curvatura inversa puede adoptar valores positivos. Se entenderá por "ángulo entre barras" el ángulo que forman las proyecciones de dos barras contiguas sobre el plano ecuador.

En la medida en que los ángulos de elevación de toda una estructura sean más pequeños mayor será el ajuste del poliedro estructural a la superficie generatriz. Esto tiende a producirse cuando las barras de la estructura son muy cortas en relación con los radios de curvatura de las diversas partes de la superficie citada.

Las estructuras espaciales de una sola capa constituidas a base de elementos prefabricados y atornillados en obra tienen una serie de características específicas y presentan una problemática muy particular, correspondiendo inter alia a los siguientes conceptos:

a) La inestabilidad:

La inestabilidad representa un problema fundamental de este tipo de estructuras. En general, una estructura monocapa con retícula triangular y nudos articulados, ajustada a una superficie de doble curvatura, es teóricamente estable, ya que constituye un poliedro de caras triangulares; en un principio, estos poliedros son estables siempre que sus aristas (barras) sean indeformables.

Tal y como se ha indicado más arriba, las estructuras monocapa frecuentemente suelen asimilarse a superficies de doble curvatura, siendo generalmente positiva en dos direcciones perpendiculares, entendiéndose por tal la que presenta superficies abombadas o convexas, hacia el exterior. El fenómeno de inestabilidad implica que en una determinada zona de la estructura, como consecuencia de las cargas aplicadas y de las deformaciones consecuentes, alguno o algunos nudos se desplazan transversalmente a la superficie generatriz llegando a producirse la inversión de la curvatura y provocando una concavidad en esa zona. Normalmente una vez iniciado el proceso en una zona, la inestabilidad se traslada a su

entorno y de forma brusca se generaliza a la práctica totalidad de la estructura provocando lo que generalmente se conoce con la acepción inglesa "snap-throw", que implica el colapso total.

5 El análisis estructural requerido para contemplar la incidencia de estos fenómenos es mucho más complejo que los que se utilizan para otros tipos de estructuras. La importancia de las deformaciones estructurales, particularmente las transversales a la superficie de generación, es fundamental en la aparición de fenómenos de inestabilidad. En consecuencia se hace imprescindible desarrollar un cálculo secuencial en el
10 que se consideren las alteraciones estructurales producidas durante la evolución de los diferentes procesos de carga, y se modifique consecuentemente el modelo matemático a lo largo del proceso de cálculo.

Una forma eficaz de reducir, en la medida de lo posible, los fenómenos de inestabilidad en las estructuras de tipo membrana consiste en
15 dotar a las uniones entre nudos y barras de capacidad para transmitir flexiones en el plano perpendicular a la superficie generatriz, es decir "empotrar" los extremos de las barras en el nudo, particularmente en el plano indicado. Este empotramiento podrá ser total o parcial dependiendo de si la unión entre nudo y barra es capaz de transmitir el máximo momento flector
20 que puede soportar el perfil de la barra en el plano indicado o sólo una fracción de dicho momento. Normalmente las uniones nudo-barra para la consecución de un elevado grado de empotramiento requieren como mínimo la utilización de dos tornillos o elementos de conexión dispuestos en el plano principal de la barra, entendiéndose por tal el plano perpendicular a la citada
25 superficie. Existen sistemas comerciales que con un único tornillo en cada extremo de las barras consiguen empotramiento reducido. Consecuentemente, en los casos de empotramiento elevado, el perfil de las barras debe estar capacitado para soportar flexiones de cierta importancia en el plano principal, coexistiendo con esfuerzos significativos de
30 compresión. Por esta razón es muy frecuente la utilización de perfil tubular

de sección rectangular orientado de modo que su plano de mayor inercia coincida con el plano principal.

5 No obstante, el hecho de que el nudo tenga empotramiento, sea parcial o total, no garantiza por sí solo la eliminación del fenómeno de inestabilidad aunque si lo "aleja" y permite abordar estructuras con tipologías mucho mas críticas de lo que podrían conseguirse con nudos articulados.

10 La necesidad o no de aplicar un nudo articulado, semiempotrado, o con empotramiento total, sólo puede confirmarse mediante el análisis riguroso al que antes se ha hecho referencia y que en cualquier caso es imperativo realizar. Sin embargo, hay ciertos factores estrechamente relacionados con el problema de inestabilidad. Entre los más significativos cabe citar:

15 - Curvatura de la superficie. En la medida en que la curvatura, en cualesquiera direcciones perpendiculares, sea más elevada y homogénea (radio de curvatura menor), más estable resulta la estructura y consecuentemente menos necesario se hace el empotramiento del nudo. Es el caso típico de cúpulas geodésicas de pequeño diámetro.

20 - Ajuste de la retícula estructural a la superficie generatriz. Desafortunadamente, cuanto mejor es ese ajuste los ángulos de elevación de las barras se acercan más a cero y esto es más negativo desde la perspectiva de la estabilidad. En las estructuras con mayor ajuste, es decir con barras relativamente cortas, más necesaria se hace la utilización de nudos empotrados.

25 - Distribuciones de carga. En general cuanto mas difiera una distribución de cargas de aquella cuyo funicular se acomode a la geometría de la estructura, mayores deformaciones transversales se producen respecto de la superficie generatriz y mayor probabilidad tendrá de provocar un fenómeno de inestabilidad. Concretamente, para estructuras con un cierto grado de simetría, que normalmente responde a una distribución de cargas permanentes, las cargas variables, nieve, viento, sismo, etc., en la medida
30 que incorporen un mayor grado de asimetría, así como las concentraciones

de carga no previstas en la geometría original, implican un mayor riesgo de inestabilidad. En estas circunstancias, más necesario se hace el empotramiento en los nudos.

5 Si bien las primeras estructuras espaciales de una sola capa se realizaron con formas geométricas relativamente sencillas y adaptadas a la distribución de cargas, en general cúpulas con forma de casquete esférico, cada vez se han ido complicando estas tipologías que con frecuencia no responden a criterios de optimización resistente sino a otros criterios, funcionales o estéticos, impuestos por el proyectista del edificio en el que se
10 inscriben. Las formas demandadas por los proyectistas son con frecuencia muy irregulares pudiendo incluso presentar zonas de curvatura negativa o mixtas según diferentes direcciones. Para poder dar respuesta a esta demanda se hace necesario el poder contar con sistemas de conexión que proporcionen un alto grado de empotramiento en los planos perpendiculares
15 a la superficie generatriz.

b) La rigidez del nudo:

En las estructuras monocapa con alto grado de empotramiento no solo se requiere que la unión esté capacitada para soportar los momentos flectores a los que quedará sometida, sino que además conviene que la
20 unión sea lo mas rígida posible. Toda unión atornillada implica una flexibilidad local. La falta de rigidez de los nudos propicia que en general se produzcan pequeños giros en los extremos de las barras respecto de sus nudos. Estos giros adicionales pueden suponer un incremento apreciable en los desplazamientos transversales de los nudos respecto a la superficie
25 generatriz. Para reducir la posible inestabilidad de estas estructuras es importante que se mantenga su forma durante el proceso de carga, precisamente reduciendo en la medida de lo posible los citados desplazamientos. De aquí la importancia de la rigidez de la unión barra-nudo en el plano principal de la barra.

30 c) Tolerancias de fabricación:

5 En general, en las estructuras prefabricadas con un elevado número de componentes y un alto grado de hiperestaticidad, y particularmente en las mallas especiales ordinarias, es imperativo que la geometría resultante tras el ensamblaje en obra quede totalmente predeterminada desde el proceso de fabricación de los componentes. Resultaría impracticable y totalmente erróneo el que la geometría final de la estructura se obtuviera mediante pequeños ajustes en obra.

10 En estas estructuras las tolerancias de fabricación deben ser mucho más reducidas que las exigibles a otras estructuras más convencionales. Está demostrado que en estructuras espaciales de tamaño medio (luzes entre 30 y 60 m y longitudes de barra entre 2 y 4 m), la tolerancia de fabricación de las barras debe ser tal que no produzca errores superiores a 0,5 mm en la separación entre nudos contiguos. De otro modo, durante el proceso de ensamblaje en obra se generan tensiones parásitas, imposibles de detectar a posteriori, que reducen de forma importante y no controlada el coeficiente de seguridad.

15 En las estructuras reticulares monocapa la problemática de los errores de fabricación es todavía más crítica. Los errores que afectan a la distancia entre ejes de nudos no solo inducen tensiones internas de tracción o compresión sino que debido a los reducidos ángulos de elevación, pequeños errores en la longitud de las barras, tras el proceso de montaje provocan desplazamientos no controlados de los nudos fuera de la superficie generatriz, con las consecuencias negativas que ya se han apuntado anteriormente. Por otra parte hay otros errores de fabricación que en el montaje de estas estructuras provocan esfuerzos de flexión parásitos inducidos por el mal contacto del nudo con el extremo de barra, normalmente originados por la falta de paralelismo entre el frente del extremo de barra y la cara correspondiente del nudo que debe recibirla. Este tipo de errores de fabricación son incluso más difíciles de evitar que los que afectan a la separación entre nudos.

20

25

30

En resumen, las estructuras espaciales de una capa son mucho más sensibles a los errores de fabricación y consecuentemente precisan unas tolerancias mucho más estrictas y difíciles de conseguir que las exigibles a las mallas espaciales de doble capa.

5 d) Interferencias:

La concurrencia de las barras en un nudo formando determinados ángulos entre ellas obliga a que el perfil continuo que las constituye tenga que ser cortado a una distancia mínima del centro del nudo para evitar interferencias, véanse por ejemplo las figuras 1A y 1B. En este tipo de
10 estructuras se suelen evitar las correas con el fin de dejarlas más diáfanas, apoyando directamente el cerramiento sobre las barras. Este objetivo refuerza la conveniencia ya anticipada de utilizar perfil tubular de sección rectangular. Por razones prácticas el corte del perfil suele ser perpendicular al eje 101 longitudinal de la barra 100 (en las figuras 1A y 1B se contempla una barra de sección transversal rectangular, que se une al nudo con dos
15 tornillos cuyos ejes 102 se han ilustrado en la figura 1A), es decir, el frente 103 de la barra 100 queda perpendicular al eje 101 longitudinal de la barra. En la figura 1A también se ha ilustrado el ángulo de elevación β .

El "radio del nudo" (R_1 en las figuras 1A y 1B) corresponde a la
20 distancia del eje del nudo 104 al borde de la cara superior de la barra 100, siendo esta distancia la que determina el límite 105 de apoyo del cerramiento sobre el plano superior de la barra. El "radio inferior" (R_2 en las figuras 1A y 1B) corresponde a la distancia entre el eje 104 del nudo y el borde de la cara inferior de la barra 100, borde que normalmente determina
25 el límite de interferencia (106 en la figura 1B).

En la figura 1A, "H" representa la altura del perfil que constituye las barras. En la figura 1B, "B" representa la anchura el mismo perfil y " α " ángulo entre dos barras contiguas cualesquiera. Para un determinado ángulo de elevación de las barras " β ", el radio del nudo (R_1) y el ángulo mínimo entre
30 éstas (en la figura 1B: " α ") están geoméricamente relacionados de forma contrapuesta; si uno disminuye el otro aumenta. Es preciso establecer un

compromiso entre un radio de nudo no excesivamente grande y un ángulo mínimo suficientemente pequeño. Para poder abordar una gran parte de las retículas estructurales que suelen presentarse conviene que el ángulo mínimo no exceda de 40° de forma generalizada, pero incluso conviene poder abordar ángulos mínimos inferiores en zonas puntuales de la retícula.

Desde hace algunos años se vienen comercializando determinados sistemas de conexión entre nudos y barras o, mejor dicho, entre los elementos centrales de los nudos y las barras. Las figuras 2-6 reflejan algunos de estos sistemas conocidos:

La figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema de unión en el que el elemento central del nudo es una especie de cilindro hueco, cerrado con una tapa inferior que lo rigidaza parcialmente, y que tiene refrentadas sus caras exteriores en planos perpendiculares a las barras que acceden al nudo. A su vez las barras tienen un corte perpendicular a su eje longitudinal, con una tapa frontal que dispone de un orificio roscado, normalmente centrado en su eje. El atornillado se produce desde el interior del cilindro. Entre la cabeza del tornillo y el interior del cilindro se interpone una arandela plana-cilíndrica para conseguir el asiento correcto de aquella. Hay numerosos antecedentes en el mercado de sistemas con atornillado por el interior, por ejemplo, PALC-1 (español), SPHEROBAT (francés), NC (japonés), etc.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema que tiene cierta similitud con el de la figura 2, pero que aporta un mayor grado de empotramiento. El elemento central del nudo es un cuerpo cilíndrico hueco cuyo eje se dispone perpendicularmente a la superficie generatriz y está abierto por ambos extremos, superior e inferior, para permitir el acceso a los dos tornillos con los que el elemento central se conecta a cada extremo de barra. Por su parte exterior, el cuerpo cilíndrico se mecaniza en planos que dan apoyo a los correspondientes frentes de las barras. Estos frentes son tapas situadas en los extremos del perfil tubular y en las cuales se alojan las tuercas o se mecanizan los dos orificios en los que se roscarán los

correspondientes tornillos accionados desde el interior del cilindro central. También se requieren las arandelas de apoyo para la cabeza de los tornillos.

5 La figura 4 ilustra otro sistema conocido, con un elemento central esférico y hueco, desprovisto de los casquetes superior e inferior para permitir el acceso para el atornillado, que igual que en el caso de los sistemas de las figuras 2 y 3 se efectúa por el interior del elemento central. La forma esférica obliga a limitar la separación entre tornillos, algo que reduce su capacidad de empotramiento.

10 La figura 5 refleja otro sistema aplicable a estructuras de tipo membrana y concebido para transmitir esfuerzos de flexión en mayor proporción respecto de las sollicitaciones de compresión. Con tal fin sustituye el perfil tubular de las barras por uno de mayor inercia en su eje principal, más parecido a un perfil en doble T. Coherentemente los tornillos se disponen con mayor separación. El elemento central queda descompuesto en dos piezas similares pseudo-cilíndricas dispuestas simétricamente, cada una de las cuales tiene un disco parcial de refuerzo por la parte interior del nudo, como en el sistema ilustrado en la figura 2. También en este sistema el atornillado se realiza por el interior del elemento central.

20 La figura 6 refleja un sistema en el que el elemento central del nudo es un cilindro macizo que tiene mecanizadas por el exterior las caras de asiento para apoyar los extremos de barra, así como los orificios roscados para recibir los tornillos. Los extremos de barra tienen una tapa frontal con sendos taladros pasantes para el paso de los tornillos cuya cabeza se aloja en el interior de la barra. El accionamiento de los tornillos se realiza necesariamente desde el interior de la barra para lo cual es preciso disponer de unas ventanas en la parte superior e inferior del perfil, con los inconvenientes que ello implica.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 Un primer aspecto de la invención se refiere a un conjunto de construcción para estructuras espaciales (por ejemplo, para estructuras

- 12 -

espaciales monocapa) basadas en barras unidas en nudos, y que comprende:

al menos un elemento central (normalmente, se dispone de un gran número de elementos centrales);

5 una pluralidad de barras, teniendo cada barra dos extremos, estando cada extremo configurado para unirse a un elemento central mediante dos tornillos, presentando dicho elemento central una pluralidad de orificios destinados a recibir, cada uno, una parte roscada de uno de dichos tornillos;

10 para cada barra, cuatro tornillos para unir cada extremo de dicha barra a un elemento central mediante dos tornillos. Las barras pueden ser barras rectas. Las barras se entregan con los tornillos montados. Los tornillos atraviesan tapas previstas en los extremos de las barras, y tienen sus cabezas en el lado de la tapa más alejado del elemento central cuando la barra está atornillada a dicho elemento central, por ejemplo, dentro del

15 cuerpo tubular de la barra.

De acuerdo con la invención, al menos uno de estos tornillos puede ser un primer tipo de tornillo, que tiene una primera parte roscada más distal y una segunda parte roscada más proximal con respecto a una cabeza del tornillo. Dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada están

20 separadas por una superficie de tope configurada para hacer tope contra el elemento central cuando el tornillo se enrosca en el elemento central. Además, dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada están roscadas en sentidos opuestos, por ejemplo, una a derechas y otra a izquierdas.

25 Esta configuración básica permite, utilizando por ejemplo un sistema de doble tuerca, atornillar las barras al elemento central "desde fuera", y no "desde dentro" del elemento central o "desde dentro" de la barra. De esta forma, se puede utilizar un elemento central macizo (o, al menos, macizo en su parte superior), algo que no sólo contribuye a una mayor resistencia (si

30 comparamos con los elementos centrales "huecos" que se tienen que usar si los tornillos se deben enroscar "desde dentro" del elemento central) sino que

también permite incorporar, en el elemento central, orificios roscados adicionales que permiten incorporar elementos adicionales. Por ejemplo, dentro de los sistemas de fijación de un cerramiento de vidrio a la estructura que debe sustentarlo es frecuente instalar una perfilaría auxiliar que lo retenga, y/o usar un sistema de "botones" que atrapan el vidrio a través de orificios realizados en las esquinas de la pieza y lo sujeta a los nudos por medio de unas piezas (denominadas grapas o "arañas") que se atornillan en cada vértice de la estructura. Este último sistema va tomando cada vez mayor auge y está aumentando la proporción en la que se utiliza, por resultar estéticamente más favorable. Cuando el elemento central (o al menos su parte superior) es macizo, se puede mecanizar un orificio para roscar en él el tornillo central de las arañas.

Además, el uso de este tipo de elemento macizo (especialmente para la parte superior del elemento central) puede hacer más económico el proceso de fabricación del elemento central, por ejemplo, mediante forja.

En cuanto a la rigidez del nudo, cabe señalar que un elemento central macizo (o bastante macizo, sin necesidad de una abertura grande para permitir la manipulación de tornillos desde el interior del elemento central) puede ser muy ventajoso, ya que en un elemento central hueco se pueden producir solicitaciones de flexión, entre otras. Si bien la pieza puede tener una adecuada resistencia para soportar los esfuerzos a los que quedará sometida, esto no impide que debido a las solicitaciones indicadas presente unas deformaciones locales que pueden ser muy superiores a las que quedaría sometida la pieza maciza. Aunque la flexibilidad total de la unión nudo-barra no sólo depende del elemento central (también puede influir la flexión de la tapa extrema de la barra si ésta no tiene el espesor suficiente), deformaciones en el elemento central pueden dar lugar a problemas importantes.

Por otra parte, la superficie de tope que presenta el tornillo implica que puede ser suficiente mecanizar los chaflanes de apoyo en el elemento central en la zona inmediatamente próxima al orificio roscado

correspondiente en el elemento central, algo que representa una reducción del trabajo de mecanizado y/o un ahorro de materia prima si se compara con los sistemas tradicionales en los que el extremo entero de la barra debe apoyarse directamente contra el elemento central. De hecho, establecer los chaflanes o superficies de apoyo en correspondencia con los orificios roscados del elemento central, con un diámetro ligeramente superior al de los orificios, puede realizarse con una herramienta adecuada en la misma operación de taladrado de estas superficies, algo que puede constituir una ventaja adicional.

Por otra parte, cuando los tornillos se enroscan "desde dentro" del elemento central, el diámetro interior del elemento central del nudo constituye un compromiso entre la accesibilidad para introducir y apretar los tornillos, y el intento de reducir la dimensión global y la flexibilidad de la pieza central. Esto implica que los tornillos se introducen y pueden apretarse pero con cierta limitación en el arco que permite describir la llave que se usa para esta operación. Esto obliga a un mayor número de accionamientos sobre el tornillo que el que se precisaría en el caso de que el arco abarcado por la llave de apriete fuera mayor, por lo que la invención, que permite enroscar los tornillos "desde fuera" del elemento central, resulta ventajosa.

Por otra parte, el uso de un tipo de tornillos de acuerdo con la invención hace que tampoco sea necesario acceder al interior de las barras, ya que el atornillado se puede hacer sin acceder a las cabezas de los tornillos.

De acuerdo con la invención, la primera parte roscada puede tener un primer diámetro y la segunda parte roscada puede tener un segundo diámetro, siendo dicho segundo diámetro superior a dicho primer diámetro. La superficie de tope contra el elemento central puede corresponder al "escalón" entre estos dos diámetros.

Cada tornillo de este primer tipo de tornillo puede presentar adicionalmente al menos dos tuercas enroscadas sobre la segunda parte roscada, de manera que las tuercas se puedan bloquear entre sí cuando una

5 tuerca hace tope contra la otra tuerca. Esto permite atornillar la barra al elemento central mediante una operación en la que primero se hace girar el tornillo actuando sobre una de las tuercas, hasta llegar a la posición de tope contra el elemento central, para luego girar una de las tuercas hasta hacer tope contra el extremo de la barra (por ejemplo, contra una tapa que cierra el extremo), y seguidamente hacer girar la otra tuerca hasta que haga tope contra la primera, bloqueándola en su posición, con lo que el extremo de la barra quede fijado con respecto al elemento central. Esta configuración implica una forma práctica y ventajosa de atornillar las barras a los elementos centrales sin tener que acceder a la cabeza de los tornillos, con las ventajas que ello implica.

10 Para cada barra, al menos un tornillo de dicho primer tipo de tornillo puede tener su cabeza alojada dentro de la barra.

15 La superficie de tope entre dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada puede ser, por ejemplo, plana o tronco-cónica, y puede estar configurada de forma complementaria a correspondientes superficies de tope o de apoyo establecidas alrededor de los correspondientes orificios roscados en el elemento central.

20 El elemento central puede ser sustancialmente macizo, con las ventajas que ello implica.

 El elemento central puede comprender una parte superior y una parte inferior. La parte superior puede estar dispuesta de forma independiente con respecto a la parte inferior, o unida a la parte inferior por una parte intermedia.

25 La parte superior puede tener una forma sustancialmente esférica pero con una superficie superior sustancialmente plana, correspondiente a una eliminación de un casquete esférico. Esta superficie plana o achaflanada puede ser útil para colocar al menos un orificio roscado adicional, que puede servir para acoplar accesorios.

La parte inferior puede tener una forma sustancialmente discoidal, algo que puede representar un coste de obtención comparativamente bajo.

5 El elemento central puede presentar, en una parte superior del elemento central, al menos un orificio roscado adicional, que puede servir para acoplar accesorios.

El elemento central puede presentar, en correspondencia con cada barra, al menos dos superficies achaflanadas de asiento.

10 Para cada extremo de una barra, puede haber por ejemplo dos tornillos de acuerdo con dicho primer tipo de tornillo.

Por otra parte, puede haber, para cada extremo de una barra, un tornillo de acuerdo con dicho primer tipo de tornillo y un tornillo de otro tipo.

15 Por ejemplo, dicho tornillo de otro tipo puede ser un tornillo con una rosca, con la cabeza alojada en el interior de la barra y con dos tuercas enroscadas sobre la rosca. Si este tornillo es el tornillo "inferior", se puede, por ejemplo, primero atornillar el tornillo superior (que puede ser del "primer tipo") y luego se puede enroscar este tornillo "de otro tipo" inferior en el elemento central (por ejemplo, en su parte inferior) hasta que se note que la cabeza hace tope contra la parte interior de la barra. Entonces, se puede
20 proceder a enroscar las tuercas en direcciones contrarias, hasta que una haga tope contra el elemento central y la otra haga tope contra el extremo de la barra.

25 Como alternativa (o como complemento), el tornillo de otro tipo puede ser un tornillo con una rosca, no dotado de tuerca y con la cabeza alojada fuera de la barra, atravesando dicho tornillo una parte de una tapa de extremo de barra que sobresale con respecto al cuerpo principal de la barra, permitiendo que se acceda a la cabeza para enroscar el tornillo de forma convencional. También este tornillo puede ser el "tornillo inferior", siendo el
30 tornillo superior del "primer tipo de tornillo".

Las barras pueden tener una sección transversal rectangular.

Cada extremo de barra puede estar cerrado por una tapa soldada al extremo de la barra y con un primer espesor, teniendo la barra paredes de un segundo espesor, siendo dicho primer espesor superior a dicho segundo espesor. Esto garantiza la resistencia del sistema.

5 Los extremos de las barras pueden presentar zonas achaflanadas para permitir un menor ángulo mínimo entre las barras.

Otro aspecto de la invención se refiere a una estructura espacial montada a partir de un conjunto según lo que se ha descrito más arriba, que comprende una pluralidad de dichos elementos centrales y una pluralidad de
10 dichas barras atornilladas a dichos elementos centrales, configurando dicha estructura espacial un poliedro con aristas definidas por dichas barras. La estructura puede ser una estructura monocapa.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con unos ejemplos preferentes de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de figuras en el que con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

20 La figura 1A.- Muestra una vista esquemática en alzado de una barra con respecto a un nudo.

La figura 1B: Muestra una vista esquemática en planta de una pluralidad de barras en un nudo.

25 Las figuras 2-6: Muestran diferentes sistemas de nudo según el estado de la técnica.

Las figuras 7A y 7B: Muestran una vista en perspectiva y un detalle de una sección transversal, respectivamente, de un nudo según una primera realización de la invención.

30 Las figuras 8A-8E: Muestran esquemáticamente una secuencia de atornillado.

- 18 -

Las figuras 9 y 10: Muestran vistas en perspectiva de dos realizaciones alternativas del elemento central.

Las figuras 11A y 11B: Muestran los extremos de las barras de acuerdo con una posible realización de la invención.

5 Las figuras 12A y 12B: Muestran esquemáticamente una realización alternativa de la invención.

Las figuras 13A y 13B: Muestran esquemáticamente una secuencia de atornillado del tornillo inferior de dicha realización alternativa de la invención.

10 Las figuras 14A y 14B: Muestran esquemáticamente otra realización alternativa de la invención.

REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCIÓN

15 Las figuras 7A y 7B ilustran esquemáticamente una primera realización de la invención, que se basa en un sistema de conexión entre nudos y barras para la construcción de estructuras espaciales monocapa, en el que el elemento central 1 del nudo está formado por dos partes independientes 11 y 12 (aunque también pueden ser unidas, tal y como se ilustra en, por ejemplo, la figura 9). La parte superior 11, entendiéndose por tal
20 la más próxima al cerramiento exterior, es básicamente una pieza esférica maciza cuyo centro se encuentra situado en la superficie generatriz de la estructura y por tanto constituye un vértice del poliedro que la determina. Dicha esfera tiene como mínimo tantos orificios roscados 14 como barras 3 concurren en el nudo, siendo todos concéntricos, adoptando cada uno la
25 dirección de la barra 3 correspondiente y presentando en su parte externa un pequeño chaflán 17 circundante que constituye una superficie de asiento del tornillo 2 superior y que puede ser plano o cónico. Además, en esta realización de la invención, la parte superior del elemento central dispone de un orificio roscado 15 coaxial con el eje principal del nudo situado en un
30 chaflán 18 perpendicular a dicho eje practicado en la parte superior de la esfera, orificio que puede servir para la fijación de accesorios que sustenten

el cerramiento. La parte inferior 12 del elemento central 1 del nudo está básicamente constituida por un disco macizo de espesor suficiente, dispuesto coaxialmente con el eje principal del nudo y por tanto con la esfera superior. Sobre dicho disco se disponen tantos orificios roscados 14 como barras acceden al nudo en direcciones paralelas a los correspondientes orificios practicados en la parte esférica, quedando cada orificio acompañado por su chaflán 16 correspondiente que también constituirá la superficie de asiento de otro tornillo.

Las barras de la estructura que se conectan al elemento central del nudo están formadas por un perfil tubular continuo de sección rectangular, en cuyos extremos llevan unidas sendas tapas 31 dispuestas perpendicularmente al eje de la barra y con dos orificios pasantes en cada una de ellas. Estas tapas son de espesor suficiente (por ejemplo, superior al espesor de las paredes de las barras), no sólo para soportar los esfuerzos y tensiones a que quedarán sometidas, sino también y principalmente para que su deformación bajo dichos esfuerzos sea muy reducida, de modo que con el resto del nudo constituyan una unión de la máxima rigidez posible. La unión de las tapas 31 al elemento tubular que constituye el resto de la barra 3 se puede realizar preferentemente mediante soldadura a tope con penetración total 33, de modo que en dicha unión no se merme la capacidad resistente del mismo. Cada orificio de las tapas queda atravesado por un tornillo 2 especial accionable por el exterior de la tapa, es decir, sin acceder a la cabeza 23 del mismo que queda alojada en el interior de la barra 3.

El tornillo en cuestión presenta dos cuerpos roscados coaxiales. Por una parte, tal y como se puede ver mejor en la figura 8A, tiene una primera parte roscada 21 más distal con respecto a la cabeza 23 y de menor diámetro, y una segunda parte roscada 22 más proximal con respecto a la cabeza 23 y de mayor diámetro. Las roscas de dicha primera parte roscada 21 y de dicha segunda parte roscada tienen sentidos opuestos, por ejemplo, la segunda parte roscada 22 (la más próxima a la cabeza y de mayor diámetro) puede estar roscada a derechas, y la primera parte roscada 21 (la

- 20 -

más alejada de la cabeza y de menor diámetro), que es la que penetra en el elemento central 1, a izquierdas. Entre ambas partes roscadas existe una superficie de apoyo o de tope 24, que puede ser plana o cónica en correspondencia con los chaflanes de asiento 17 y 16 del elemento central, y que constituye el límite de penetración del tornillo 2 en su correspondiente orificio 14 del nudo. La rosca del orificio 14 del nudo debe coincidir con la de menor diámetro del tornillo 2. En la segunda parte roscada 22 del tornillo 2 se alojan dos tuercas (25, 26) las cuales tienen una doble misión: la de accionar el propio tornillo para roscarlo en el correspondiente orificio 14 del nudo y la de bloquear la unión entre nudo y barra una vez ejecutada la conexión.

Tras la fabricación de nudos y barras en taller éstos se pueden expedir a obra, incluso con la pintura aplicada. En su salida del taller el conjunto de tuercas y tornillo se puede encontrar dispuesto en la forma idónea para el inicio del ensamblaje en obra, representada en la figura 8A, lo que supone que ambas tuercas se encuentran bloqueadas entre sí haciendo un cuerpo con el tornillo por efecto tuerca-contratuerca, pero en una situación respecto del tornillo que le permita girar libremente dentro del orificio de la tapa 31 de la barra 3.

La conexión de cada tornillo al nudo implica las siguientes operaciones:

- Roscado de la primera parte roscada 21 en el orificio 14 correspondiente (figura 8B) hasta que el plano de apoyo (superficie de tope 24) del tornillo 2 haga contacto (figura 8C) y se establezca una presión contra el plano de asiento 17 de la parte superior 11 del elemento central 1, todo ello actuando sobre la tuerca exterior 25 en sentido levógiro o antihorario. Queda así bloqueado el tornillo con el elemento central 1, aunque libre de la barra.

- Desbloqueo de las tuercas. Para ello se actúa sobre la tuerca interior 26, también en sentido levógiro, consiguiendo que se separe de la exterior 25 (figura 8D). Se lleva ambas tuercas contra la placa frontal o tapa 31 de la

- 21 -

barra 3, comprimiendo dicha tapa 31 entre la cabeza 23 del tornillo y las tuercas. Se lleva primero la tuerca interior 26 y se aprieta contra la tapa 31 y luego la tuerca exterior 25 que se aprieta contra la tuerca interior 26 (figura 8E). De este modo queda bloqueado el tornillo con respecto a la barra 3. También en esta operación, y sobre ambas tuercas, se actúa en sentido levógiro. De este modo es imposible que el apriete tornillo-elemento central se afloje al practicar el apriete tornillo-barra.

En esta realización de la invención ilustrada en las figuras 7A y 7B, ambos tornillos son del mismo tipo. El orden de conexión de ambos tornillos, primero el superior y luego el inferior o viceversa, no implica limitaciones en el proceso.

En cuanto al elemento central del nudo, existen otras opciones que la que se ha descrito más arriba. Ahora bien, en muchas aplicaciones el uso de una parte superior sustancialmente esférica puede implicar ventajas. Por ejemplo, esta forma puede resultar muy conveniente para la determinación geométrica de la retícula estructural, situando los centros de las esferas en los vértices del poliedro teórico que determina la retícula. Esto permite una mecanización de los orificios de la esfera y de sus correspondientes chaflanes de asiento con una referencia radial fija para todos los tornillos superiores de las barras que concurren en el nudo. Además establece una referencia constante para la determinación de la longitud real de las barras a partir de los vértices del poliedro. En cambio, no tendría sentido aplicar la forma esférica a la parte inferior del nudo porque siendo generalmente diferentes los ángulos de elevación de las barras concurrentes en el mismo nudo, los chaflanes de asiento de los tornillos inferiores no tienen la misma penetración, y los ejes de dichos tornillos no son concurrentes en un mismo punto del eje del nudo.

Un elemento central constituido por dos piezas macizas e independientes puede tener la ventaja de que la separación entre ambas no queda predeterminada (como ocurre en el caso de una pieza única como la que se refleja en la figura 10 (en la que se contempla un elemento central 1B

constituido por una sola pieza), o una pieza en la que las partes superior 11A e inferior 12A están unidas por una parte intermedia 13A (tal y como se ilustra en la figura 9). El uso de piezas superior e inferior independientes proporciona total flexibilidad en la elección de la separación de los ejes de los dos tornillos, superior e inferior, que como consecuencia facilita una mayor diversidad en la elección de los perfiles constituyentes de las barras puesto que en una realización lógica, para conseguir el mejor aprovechamiento de los tornillos, la separación entre éstos y la sección del perfil quedan íntimamente relacionadas. No obstante, la invención también es compatible con sistemas basados en un elemento central constituido por una pieza única. Esta modalidad puede presentar alguna ventaja técnica en los casos en los que a través del nudo, además de las sollicitaciones de flexión y compresión, se transmitan esfuerzos de cortadura de relativa importancia.

En el caso de un elemento central constituido por una sola pieza, como el que se refleja en la figura 10, ésta pieza puede formarse a partir de una pieza originalmente cilíndrica, sobre la cual se mecanizan los orificios roscados y los chaflanes o referentados correspondientes. Esto podría reducir el coste de la pieza bruta original, aunque la mecanización puede resultar más costosa.

Para reducir el ángulo mínimo (α) entre barras, se puede optar por una solución como la que se ilustra en las figuras 11A y 11B (y que es directamente compatible con las otras realizaciones descritas). Teniendo en cuenta que la tapa frontal 31 (o 31A) tiene un espesor considerable y que la soldadura de la misma al cuerpo tubular de la barra se realiza por la parte opuesta al centro del nudo, cabe achaflanar 32A los laterales de la tapa y/o truncar su esquina inferior, sin reducir su rigidez ni su capacidad resistente, de modo que el contacto entre barras contiguas se produzca con un ángulo menor, tal y como se sugiere en la figura 11B (en la que se observa como la anchura B' en el extremo de las tapas 31A achaflanadas de las barras 3A es inferior a la anchura B general de las barras 3A). Esta medida, es decir, la

incorporación de este tipo de chaflanes 32A, puede utilizarse por ejemplo en las barras de una estructura que presenten ángulos entre ellas inferiores a lo normal, lo cual redundaría en la consecución de un radio de nudo inferior al requerido para la misma estructura si no se aplicase este
5 achaflanado de las tapas 31A.

Las figuras 12A y 12B ilustran esquemáticamente otra realización preferida de la invención, que puede ser útil para evitar las tensiones parásitas de flexión que pueden aparecer tras el montaje en el caso de unas tolerancias excesivas de fabricación. Por ejemplo, estas tensiones podrían
10 producirse si las tapas extremas de la barra no presentan una perpendicularidad suficiente respecto del eje longitudinal de la barra. De acuerdo con esta realización, el tornillo superior 2 que se enrosca en la parte superior 11 del elemento central 1 puede ser idéntico al que se usa en la realización ilustrada en las figuras 7A y 7B, pero el tornillo inferior 2A que se
15 atornilla en la parte inferior 12 del elemento central puede ser un tornillo ordinario con una sola rosca (por ejemplo, con un solo cuerpo roscado a derechas) que atraviesa la tapa frontal de la barra por un orificio pasante, y con su cabeza 23A en el interior de la barra 3. Este tornillo 2A no tiene ningún límite predeterminado de penetración en el nudo y dispone de dos
20 tuercas (25A, 26A) en la zona que queda entre la tapa 31 y el disco que constituye la parte inferior 12 del elemento central. Las tuercas, al igual que las del tornillo superior, no tienen fijación permanente al tornillo pero pueden hacer un cuerpo único con éste por efecto tuerca contratuerca, apretando ambas tuercas entre sí.

La figura 13A ilustra esquemáticamente una posición de las tuercas (25A, 26A) que puede ser la adecuada cuando las barras llegan a una obra para ser ensambladas in situ. Para el correcto posicionamiento de la barra respecto del nudo siempre se debe roscar y bloquear, en primer lugar, el
25 tornillo superior de la barra, tal y como se ha descrito en relación con las figuras 8A-8E, con lo cual el extremo de la barra queda con la separación predeterminada respecto del centro de la esfera 11. Una vez realizada esta
30

operación, puede iniciarse el roscado del tornillo inferior 2A, lo cual se realiza accionando la tuerca interior 26A (la mas próxima a la tapa 31) en sentido destrógiro. En un momento determinado de su avance, la cabeza 23A del tornillo, que como se ha indicado no tiene un límite de penetración en el disco 12 del elemento central 1, hace contacto con la tapa 31 por el interior de la barra, apreciando claramente el operario que efectúa la manipulación un incremento del par, dado que el tornillo no puede avanzar porque la tapa se lo impide (figura 13B). En esa posición se detiene el roscado del tornillo 2A en la parte inferior 12 del nudo. A continuación, mediante dos llaves, se procede al desbloqueo de las tuercas cuidando que únicamente se mueva una de ellas (la tuerca 26A) sin que arrastre en su giro al tornillo, que ya se encuentra en su posición definitiva (figura 13C). Por último se llevan las tuercas a sus posiciones opuestas, una tuerca 26A contra la tapa 31 (bloqueando el tornillo respecto de ésta) y otra tuerca 25A contra el disco 12, hecho lo cual el ensamblaje de la barra con el nudo queda concluido (figura 13D).

Esta realización puede presentar ciertas ventajas, por ejemplo, el tornillo inferior autorregula su penetración una vez fijada la separación entre nudo y barra por el tornillo superior. En consecuencia, los errores de falta de perpendicularidad de la tapa no generan momentos parásitos de flexión.

Las figuras 14A y 14B reflejan otra realización preferida de la invención, que puede ser especialmente útil en, por ejemplo, aquellas estructuras en las que las solicitaciones de flexión sean muy predominantes sobre las axiales. En estos casos se pueden disponer los tornillos más separados, de modo que con un dimensionamiento relativamente reducido de éstos se pueda alcanzar una resistencia a flexión equivalente a la máxima del perfil.

En esta realización preferida, la parte superior de la conexión de la barra al elemento central se puede mantener idéntica a la que se ha ilustrado en las figuras 7A y 7B. Sin embargo, en la parte inferior, la tapa frontal 31B de la barra 3B se prolonga fuera del perfil, alojándose en esa

5 prolongación un orificio roscado que queda atravesado por un tornillo 2B ordinario, con su correspondiente parte roscada 21B y cabeza 23B. Este tornillo puede ser accionado por su cabeza 23B sin necesidad de abrir ventanas en el perfil de la barra, ya que está alojado fuera del perfil de la barra, tal y como se puede ver en la figura 14B. En este caso, se ha utilizado una parte inferior 12C del nudo con mayor diámetro que el que se ha utilizado en las otras realizaciones, para recibir el contacto directo de las tapas 31B (en correspondencia con la prolongación inferior de las tapas), habiéndose fresado previamente en esta parte inferior 12C las correspondientes superficies de asiento. Esta parte inferior 12C, en forma de disco, puede tener el espesor suficiente para abarcar todas las posiciones posibles de los tornillos inferiores dentro del abanico a que obliguen los diferentes ángulos de elevación de las barras.

10 En este texto, la palabra "comprende" y sus variantes (como "comprendiendo", etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos etc.

20 Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Conjunto de construcción para estructuras espaciales basadas en barras unidas en nudos, y que comprende:

5

al menos un elemento central (1, 1A, 1B, 1C);

una pluralidad de barras (3, 3A, 3B), teniendo cada barra dos extremos, estando cada extremo configurado para unirse a un elemento central mediante dos tornillos (2, 2A, 2B), presentando cada elemento central una pluralidad de orificios (14) destinados a recibir, cada uno, una parte roscada de uno de dichos tornillos;

10

para cada barra, cuatro de dichos tornillos (2, 2A, 2B) para unir cada extremo de dicha barra a uno de dichos elementos centrales (1, 1A, 1B, 1C) mediante dos de dichos tornillos;

caracterizado porque

15

al menos uno de dichos tornillos es un primer tipo de tornillo que tiene una primera parte roscada (21) más distal y una segunda parte roscada (22) más proximal con respecto a una cabeza (23) del tornillo,

estando dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada separadas por una superficie de tope (24) configurada para hacer tope contra el elemento central (1, 1A, 1B, 1C) cuando el tornillo se enrosca en el elemento central,

20

estando dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada roscadas en sentidos opuestos.

25

2.- Conjunto según la reivindicación 1, en el que dicha primera parte roscada tiene un primer diámetro y porque dicha segunda parte roscada tiene un segundo diámetro, siendo dicho segundo diámetro superior a dicho primer diámetro.

30

3.- Conjunto según la reivindicación 1 ó 2, en el que cada tornillo de dicho primer tipo de tornillo presenta adicionalmente al menos dos tuercas (25, 26)

- 27 -

enroscadas sobre la segunda parte roscada, de manera que las tuercas se pueden bloquear entre sí cuando una tuerca hace tope contra la otra tuerca.

5 4.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, para cada barra (3, 3A, 3B), al menos un tornillo de dicho primer tipo de tornillo tiene su cabeza (23) alojada dentro de la barra.

10 5.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de tope (24) entre dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada es plana.

15 6.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de tope (24) entre dicha primera parte roscada y dicha segunda parte roscada es tronco-cónica.

7.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento central (1, 1A, 1B, 1C) es sustancialmente macizo.

20 8.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento central comprende una parte superior (11, 11A, 11C) y una parte inferior (12, 12A, 12C).

25 9.- Conjunto según la reivindicación 8, en el que la parte superior (11, 11C) está independiente de la parte inferior (12, 12C).

10.- Conjunto según la reivindicación 8, en el que la parte superior (11A) está unida a la parte inferior (12A) por una parte intermedia (13A).

30 11.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que la parte superior (11, 11A, 11C) tiene una forma sustancialmente esférica pero

con una superficie superior sustancialmente plana (18), correspondiente a una eliminación de un casquete esférico.

5

12.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que la parte inferior (12, 12A, 12C) tiene una forma sustancialmente discoidal.

10

13.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento central (1, 1A, 1B, 1C) presenta, en una parte superior del elemento central, al menos un orificio roscado (15) adicional.

15

14.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento central presenta, en correspondencia con cada barra (3, 3A, 3B), al menos dos superficies achaflanadas de asiento (16, 17).

20

15.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, para cada extremo de una barra, dos tornillos de acuerdo con dicho primer tipo de tornillo.

16.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, para cada extremo de una barra, un tornillo de acuerdo con dicho primer tipo de tornillo y un tornillo de otro tipo.

25

17.- Conjunto según la reivindicación 16, en el que dicho tornillo de otro tipo es un tornillo (2A) con una rosca, con la cabeza (23A) alojada en el interior de la barra y con dos tuercas (25A, 26A) enroscadas sobre la rosca.

30

18.- Conjunto según la reivindicación 16, en el que dicho tornillo de otro tipo es un tornillo (2B) con una rosca (21B), no dotado de tuerca y con la cabeza (23B) alojada fuera de la barra, atravesando dicho tornillo una parte de una tapa (31B) de extremo de barra que sobresale con respecto a un cuerpo principal de la barra.

19.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las barras tienen una sección transversal rectangular.

5 20.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada extremo de barra está cerrado por una tapa (31, 31A, 31B) soldada al extremo de la barra y con un primer espesor, teniendo la barra paredes de un segundo espesor, siendo dicho primer espesor superior a dicho segundo espesor.

10 21.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los extremos de las barras presentan zonas achaflanadas (32A) para permitir un menor ángulo mínimo entre las barras.

15 22.- Estructura espacial montado a partir de un conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de dichos elementos centrales y una pluralidad de dichas barras atornilladas a dichos elementos centrales, configurando dicha estructura espacial un poliedro con aristas definidas por dichas barras.

20 23.- Estructura según la reivindicación 22, siendo dicha estructura una estructura monocapa.

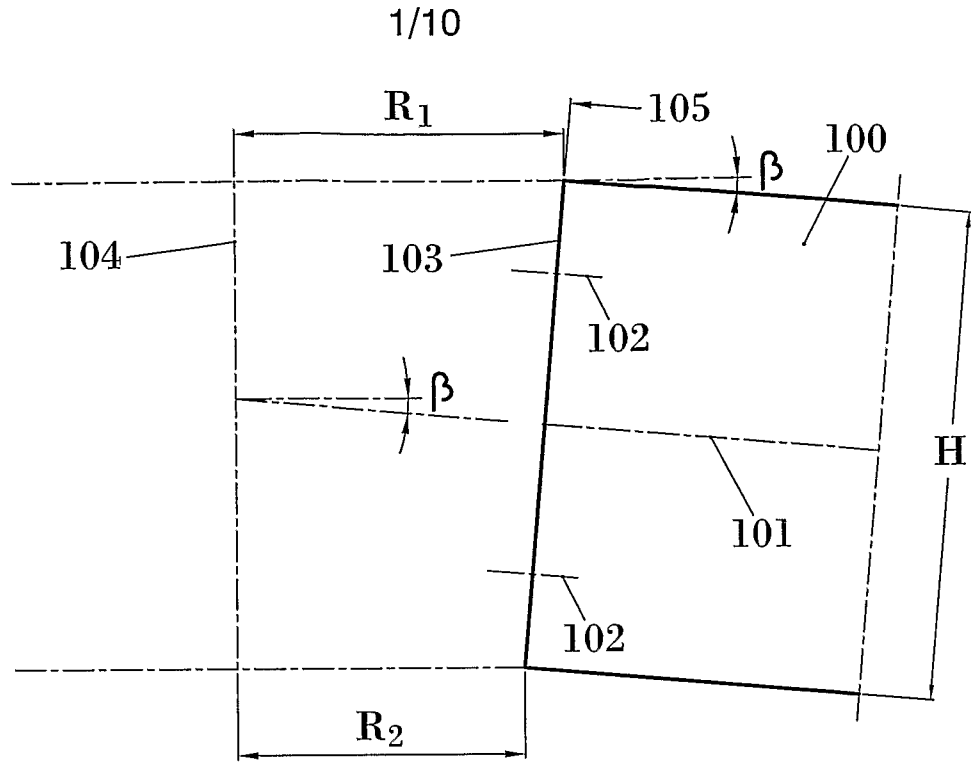


FIG. 1A

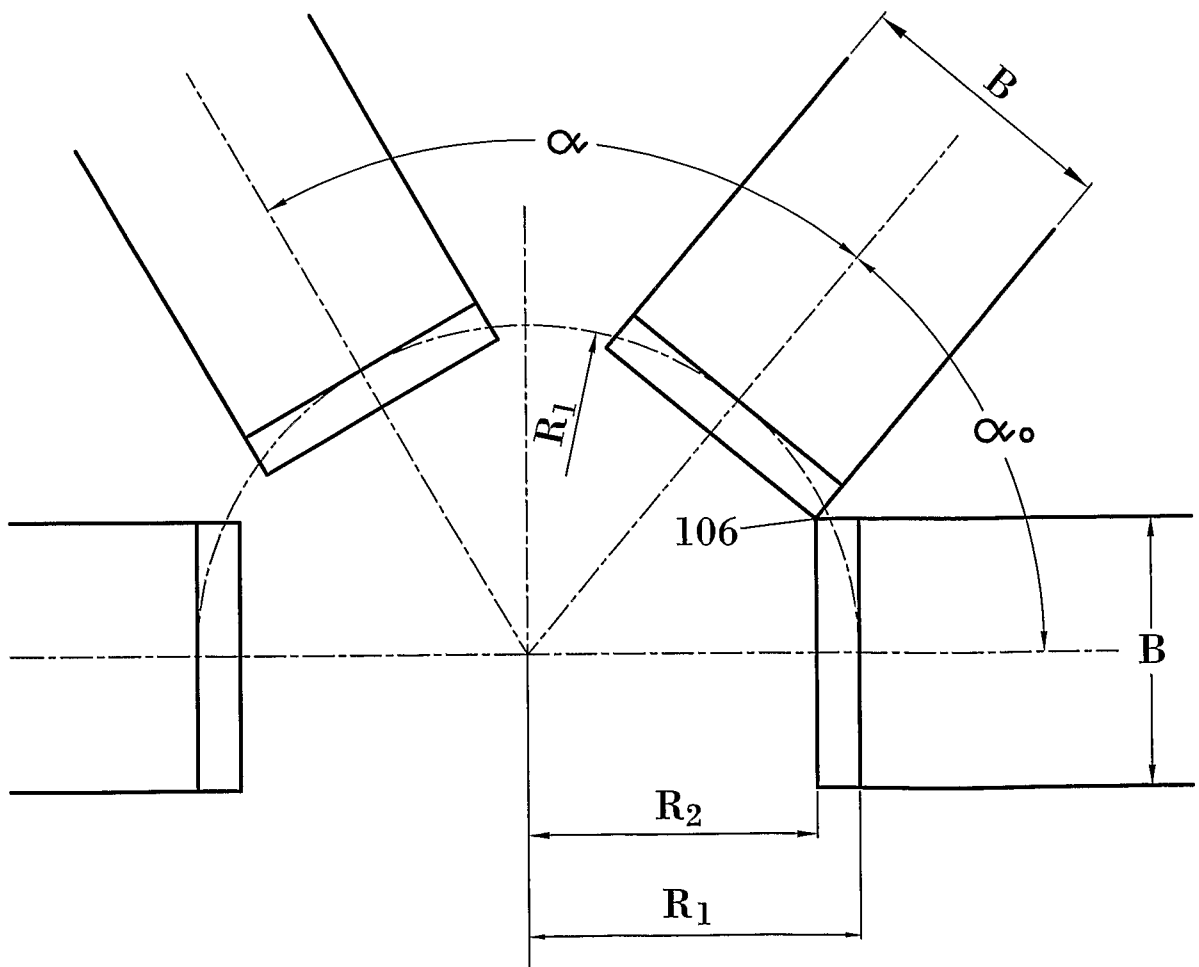


FIG. 1B

2/10

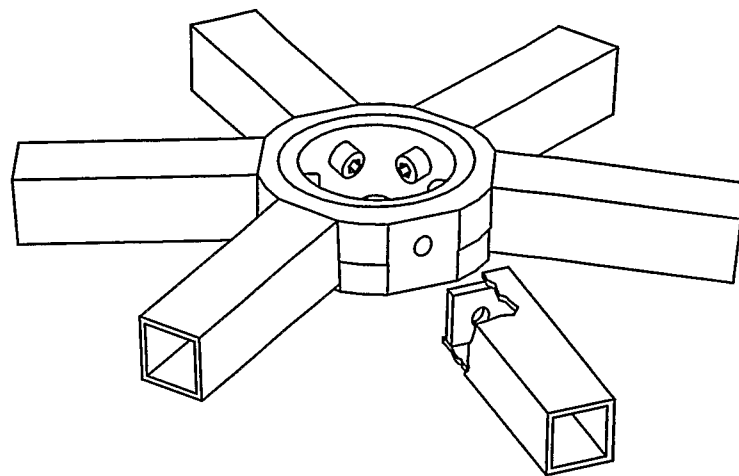


FIG. 2

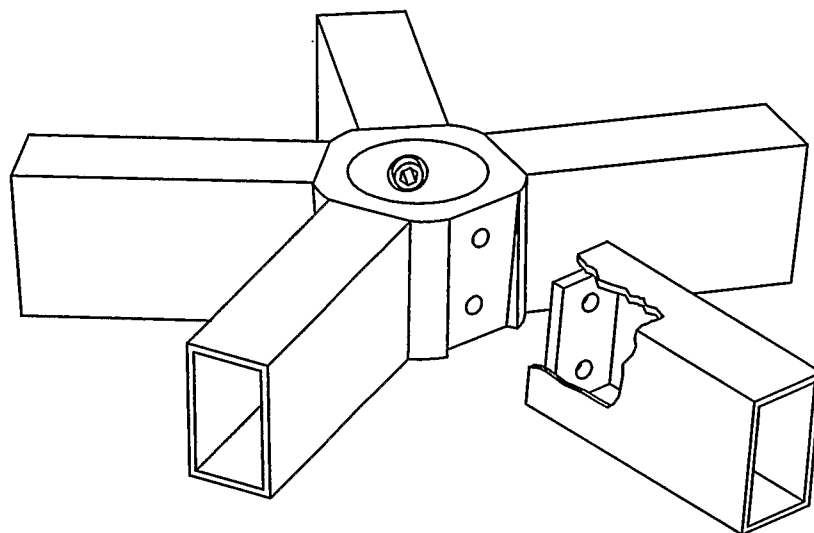


FIG. 3

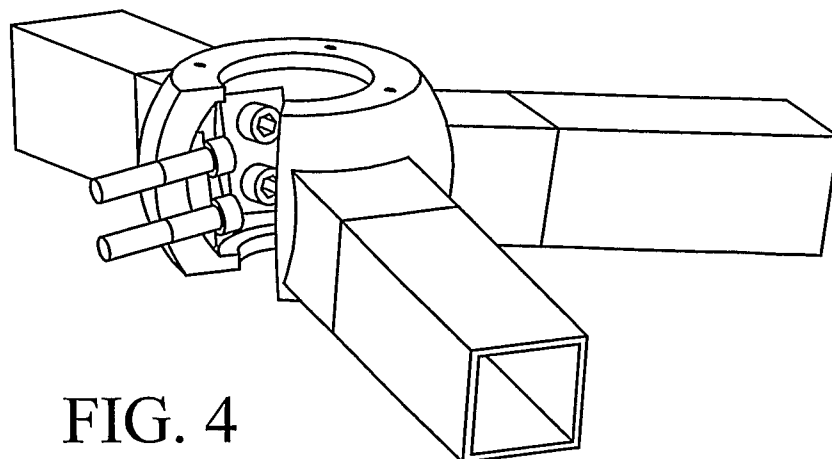


FIG. 4

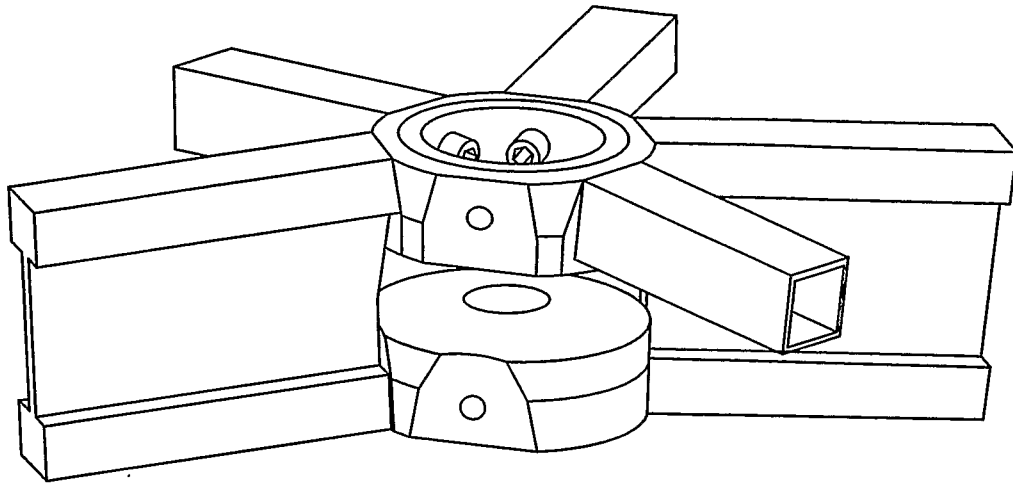


FIG. 5

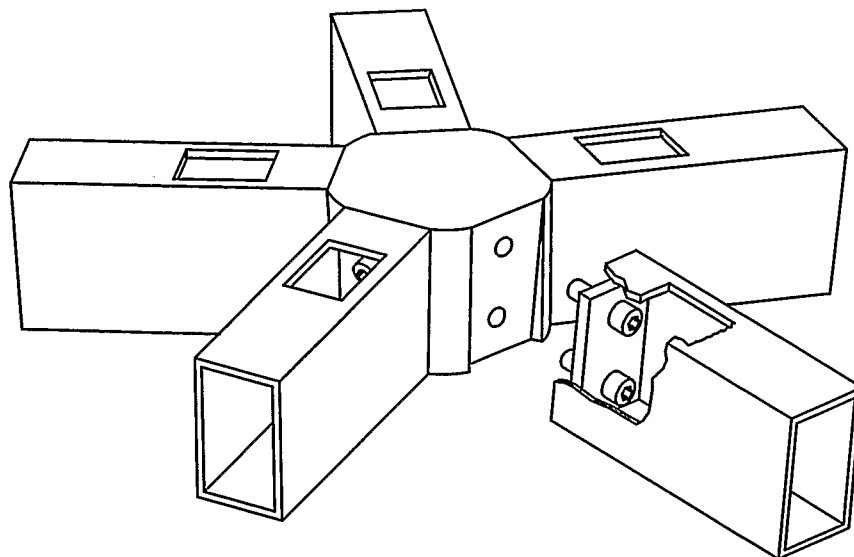


FIG. 6

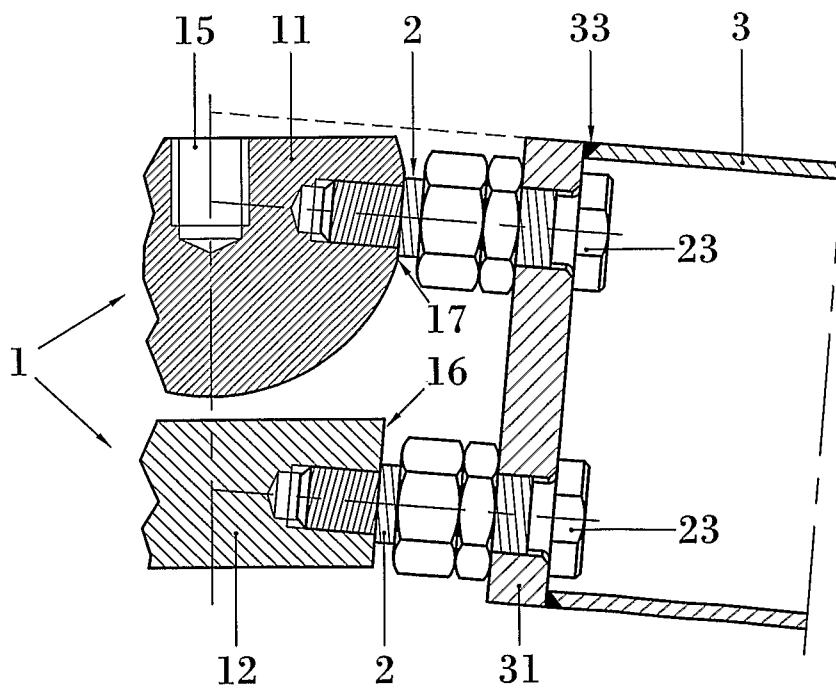
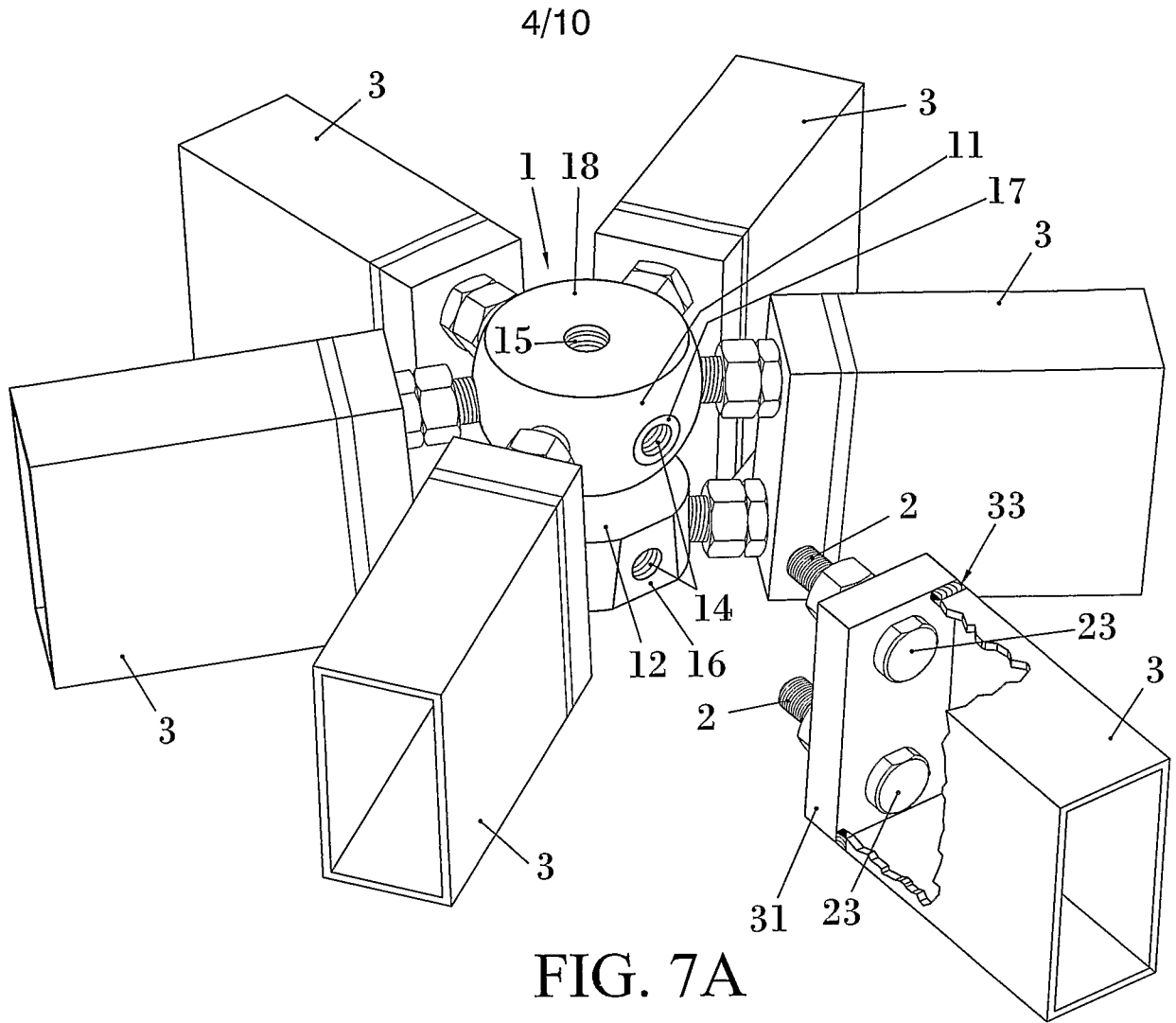


FIG. 7B

5/10

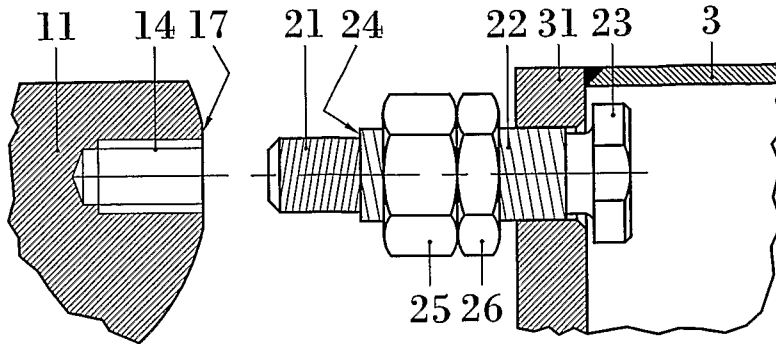


FIG. 8A

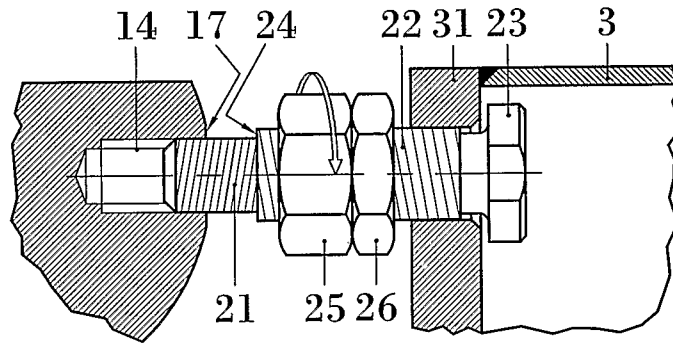


FIG. 8B

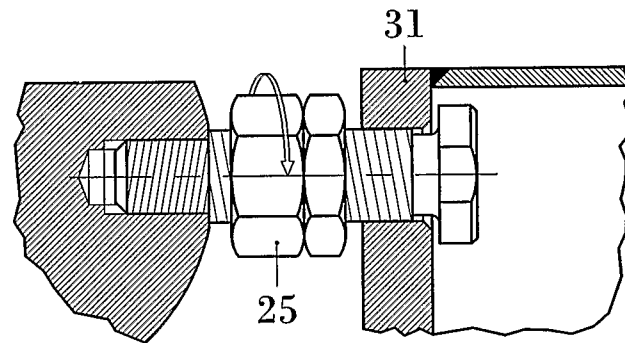


FIG. 8C

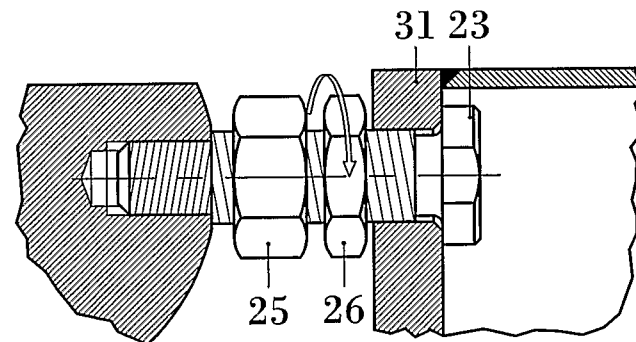


FIG. 8D

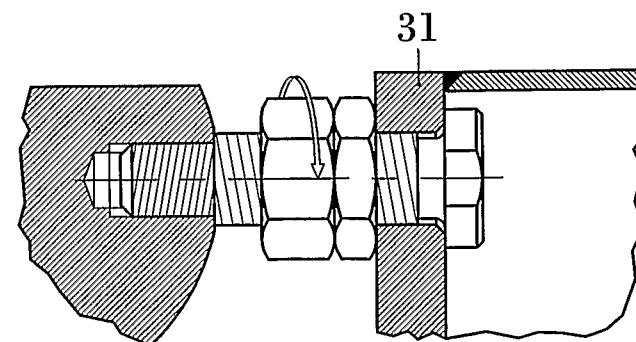


FIG. 8E

6/10

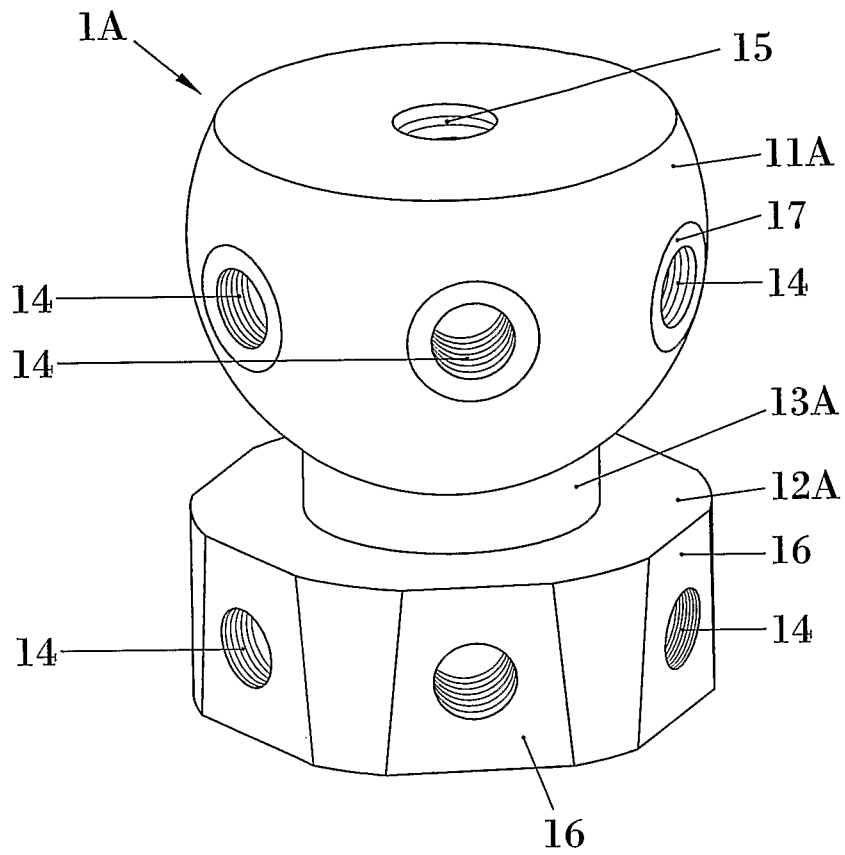


FIG. 9

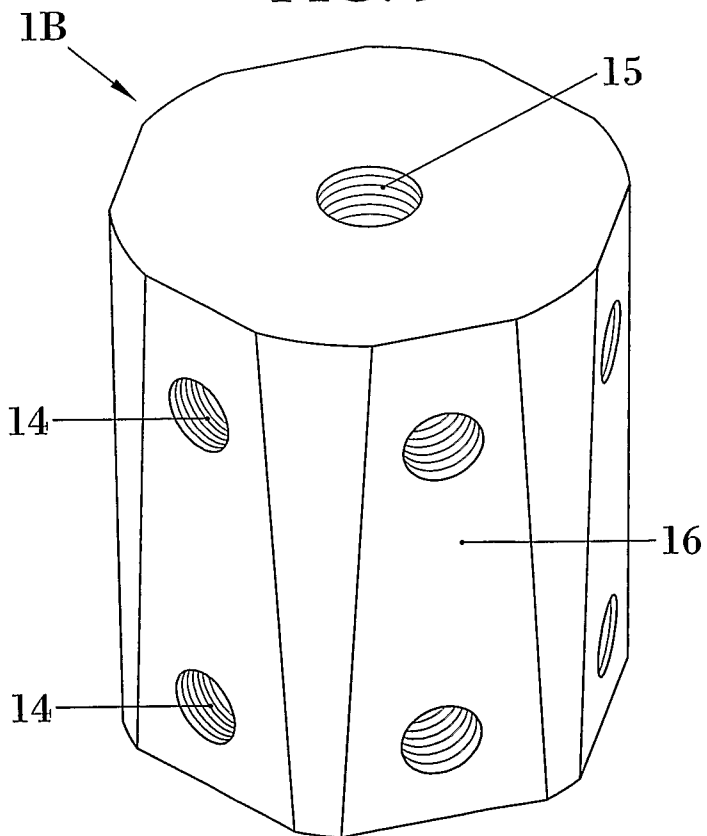


FIG. 10

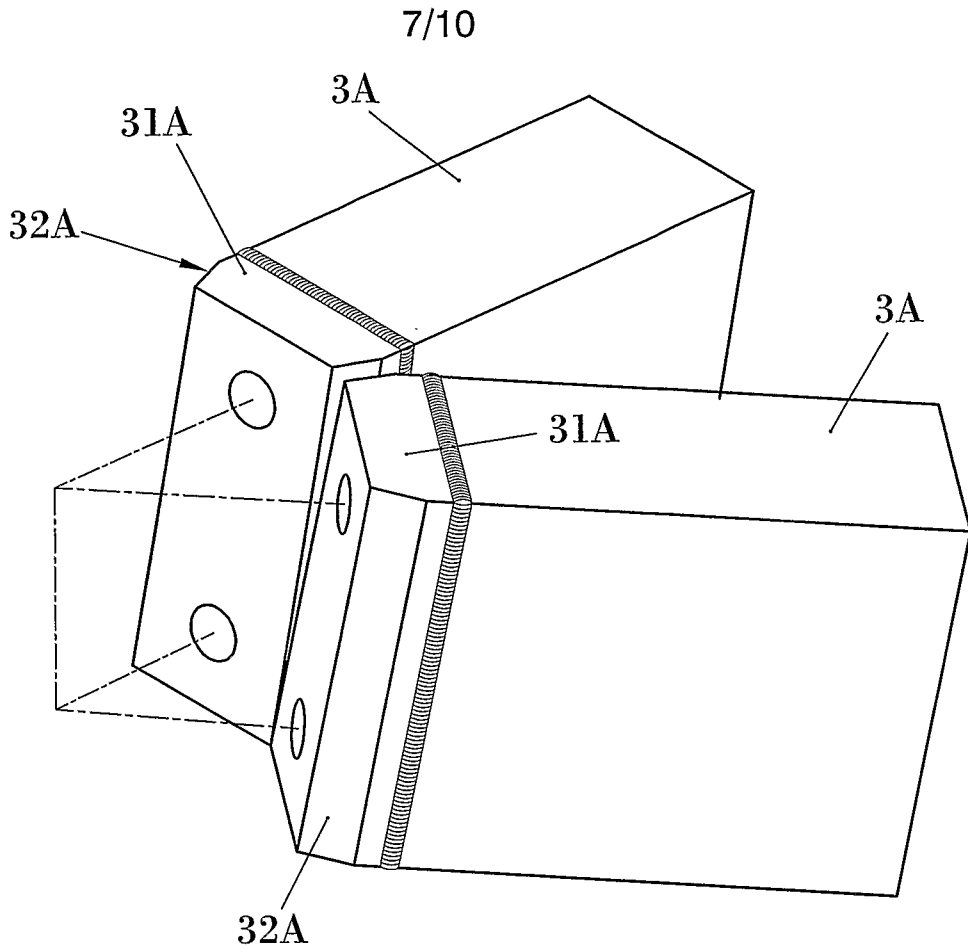


FIG. 11A

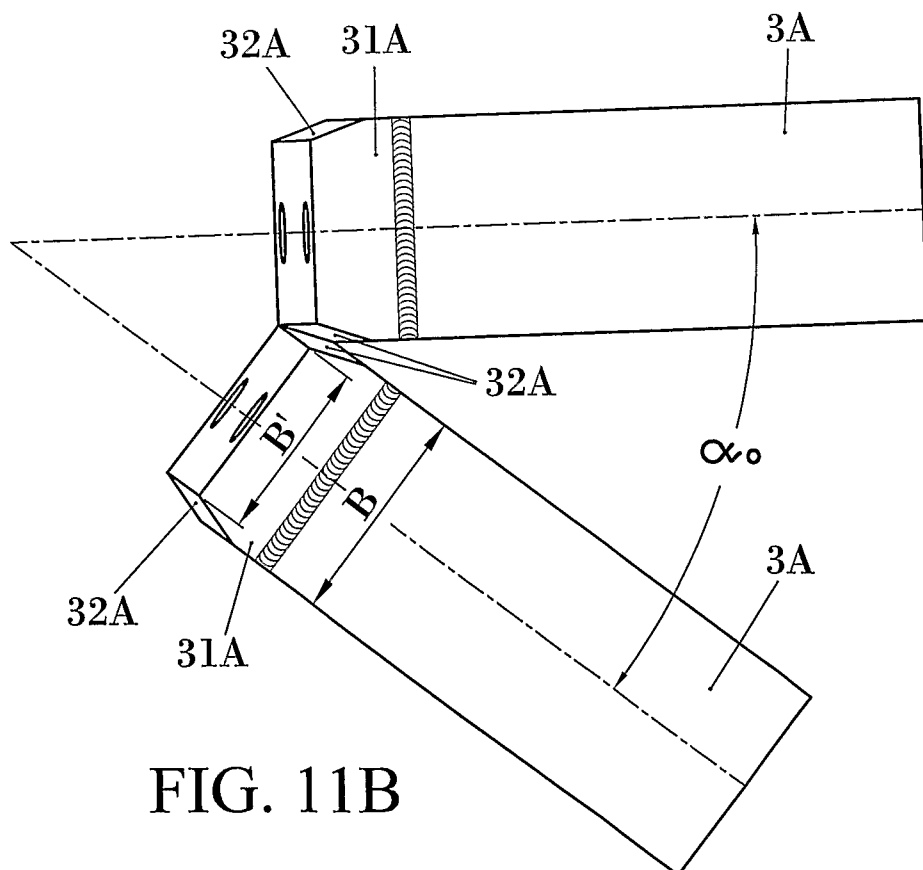


FIG. 11B

8/10

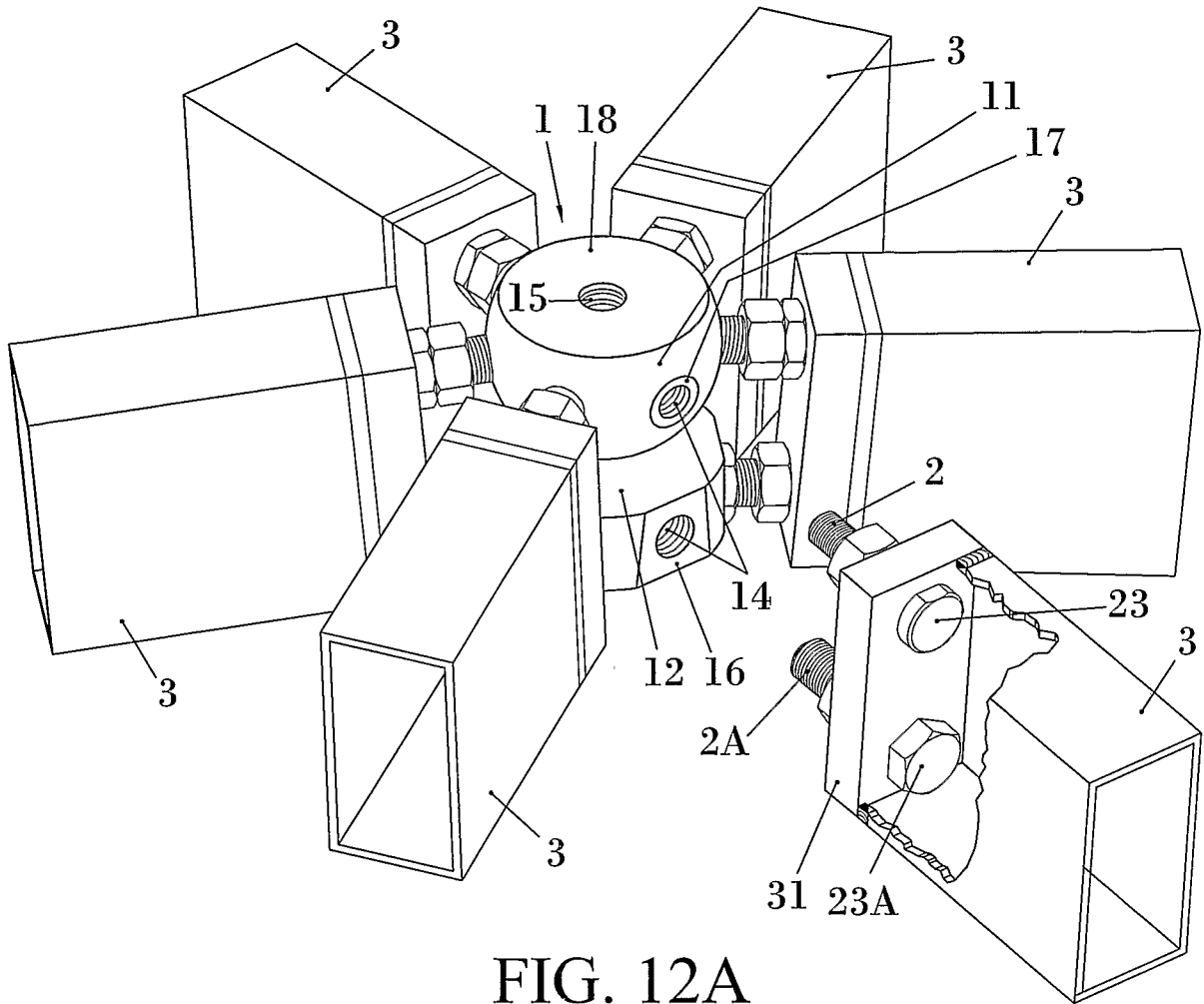


FIG. 12A

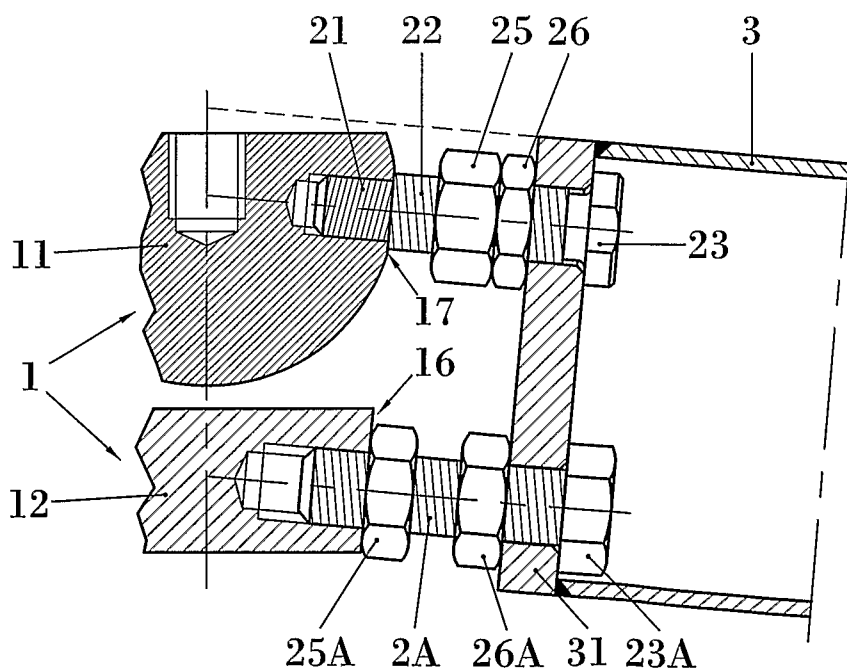


FIG. 12B

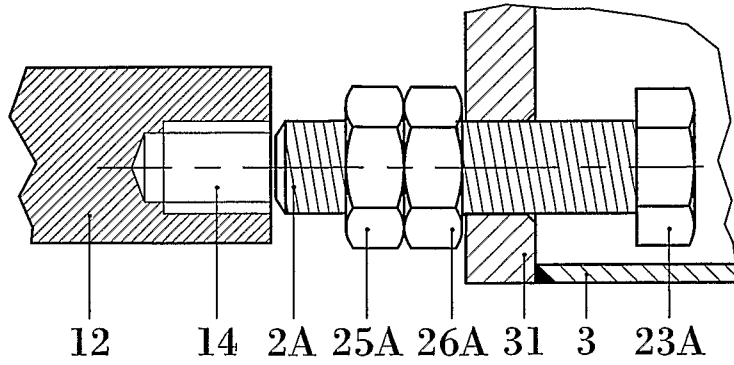


FIG. 13A

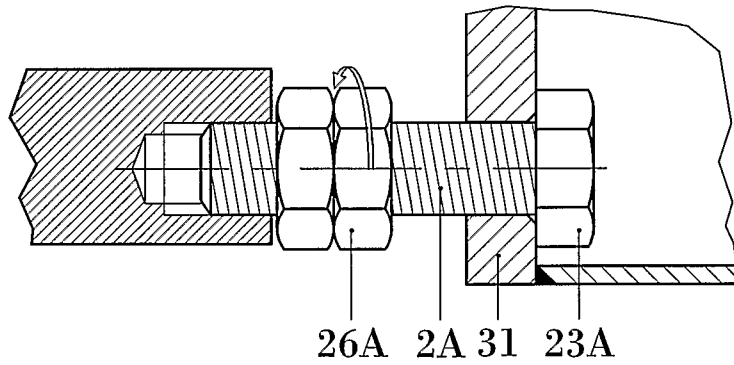


FIG. 13B

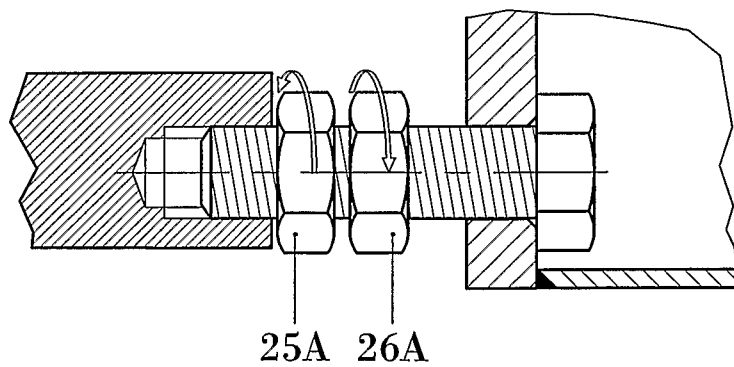


FIG. 13C

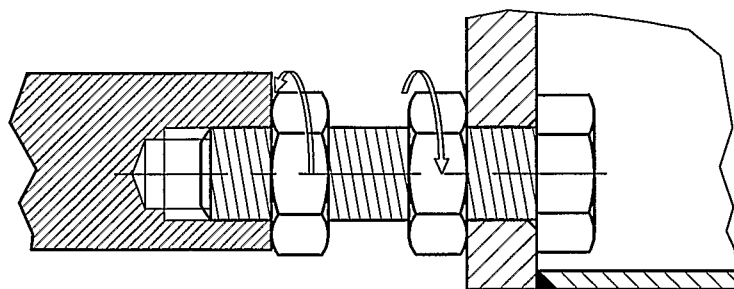


FIG. 13D

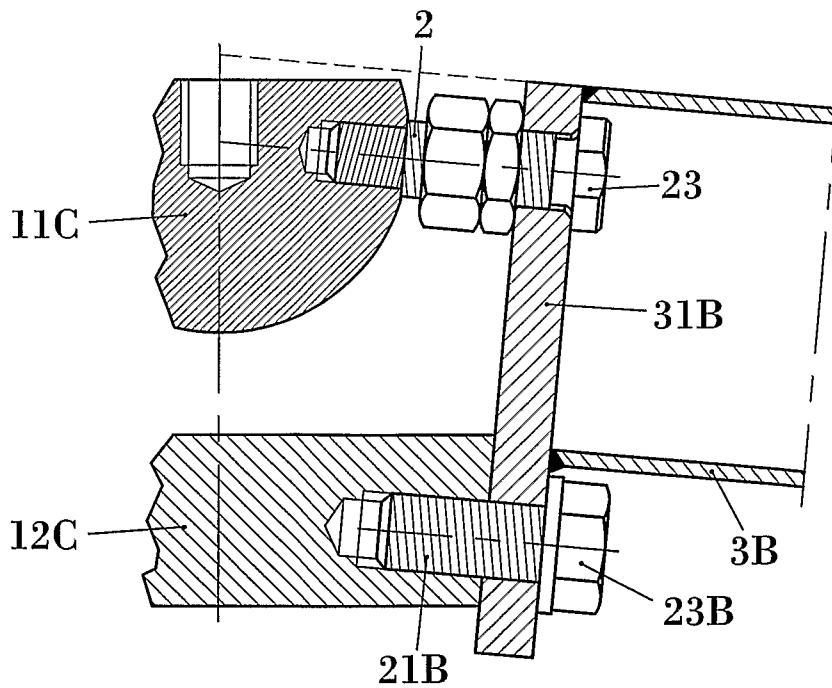
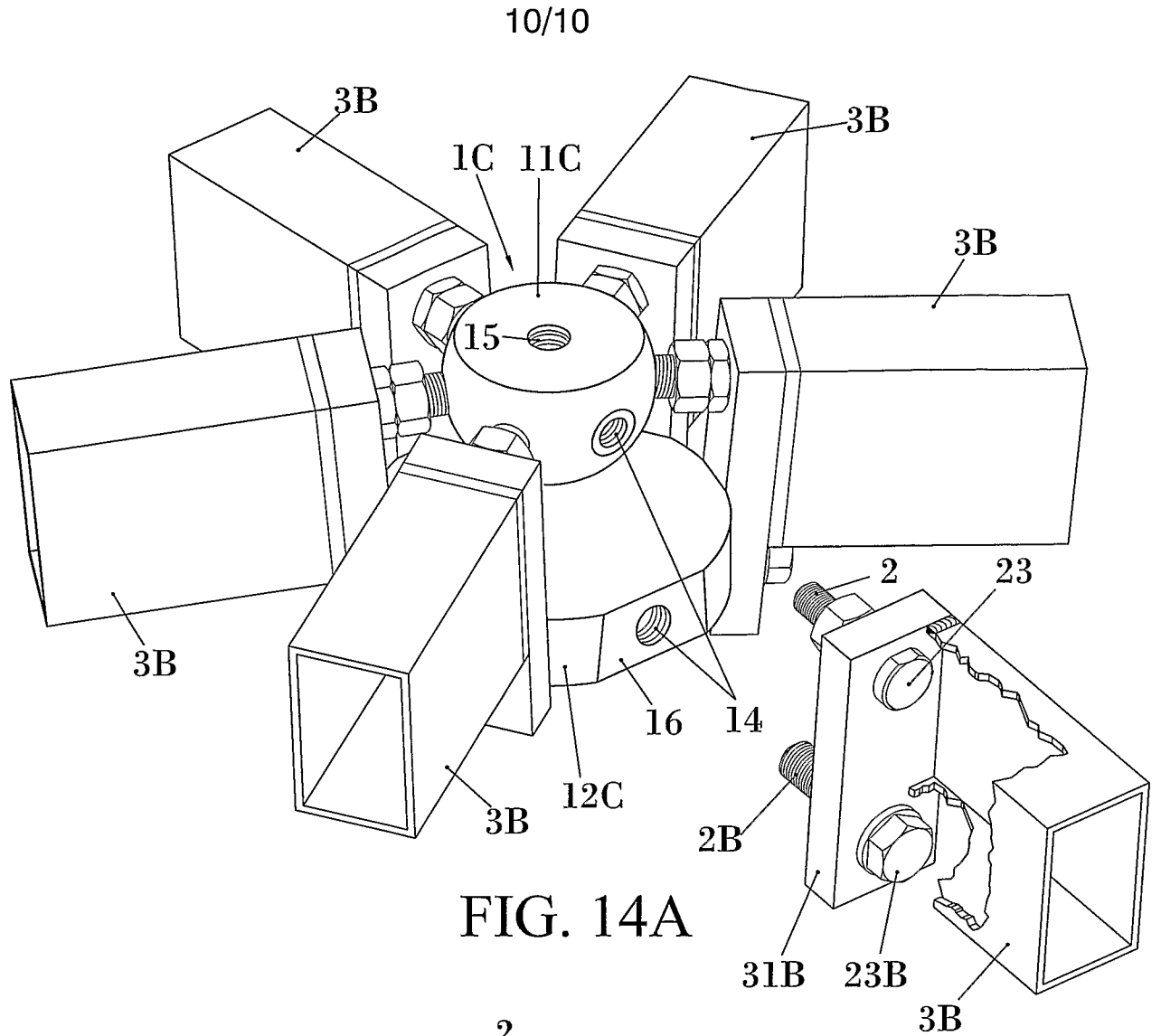


FIG. 14B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2006/000179

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. E04B1/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC.

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
E04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 30 23 064 A1 (KUEPPERS BERNHARD DIPL ING [DE]) 7 January 1982 (1982-01-07) page 4, paragraph 1; figure 6 -----	1-17, 19-23
Y	US 4 313 687 A1 (MARTÍNEZ APEZTEGUI JUAN ET AL) 2 February 1982 (1982-02-02) figure 8 -----	1-7, 13-17, 19-23
Y	US 4 974 986 A1 (COOK ROBERT W [US]) 4 December 1990 (1990-12-04) figure 2 -----	8-12

D Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E¹" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X¹" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 March 2007

Date of mailing of the International search report

23/03/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ni lsson , Lars

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/ES2006/000179

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3023064	A1	07-01-1982	NONE
US 4313687	A1		NONE
US 4974986	A1		NONE

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°
PCT/ES2006/000179

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

INV. E04B1/19

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E04B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados) **EPO-Intemal**

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
Y	DE 30 23064 AI (KUEPPERS BERNHARD DIPL ING [DE]) 7 Enero 1982 (1982-01-07) página 4, párrafo 1; figura 6 -----	1-17, 19-23
Y	US 4 313687 AI (MARTINEZ APEZTEGUI JUAN ET AL) 2 Febrero 1982 (1982-02-02) figura 8 -----	1-7, 13-17, 19-23
Y	US 4974 986 AI (COOK ROBERT W [US]) 4 Diciembre 1990 (1990-12-04) figura 2	8-12

En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante	
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior	
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada)	"X" documento particularmente relevante, la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio	"Y" documento particularmente relevante, la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 19 Marzo 2007 (19.03.2007)	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional 23 Marzo 2007 (23.03.2007)
--	--

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni, N° de fax Fax: (+31-70) 340-3016	Funcionario autorizado N° de teléfono
--	--

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/ES2006/000179

DE 3023064	AI	07-01-1982	NINGUNO
------------	----	------------	---------

US 4313687	AI		NINGUNO
------------	----	--	---------

US 4974986	AI		NINGUNO
------------	----	--	---------
