

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 268**

51 Int. Cl.:

E04B 1/19 (2006.01)

F24J 2/54 (2006.01)

H01Q 19/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2007 E 07252968 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 1903155**

54 Título: **Armadura de soporte móvil para un reflector curvado**

30 Prioridad:

22.09.2006 US 525721

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

30.04.2013

73 Titular/es:

**GOSSAMER SPACE FRAMES (100.0%)
5622 Research Drive
Huntington Beach, CA 92649, US**

72 Inventor/es:

**REYNOLDS, GLENN A.;
CURTIS, GARY N. y
HACKBARTH, DEAN R.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 402 268 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Armadura de soporte móvil para un reflector curvado

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a armaduras de soporte. Más particularmente, se refiere a bastidores espaciales diferentes a una carcasa y a disposiciones de nodos de conexión y otros elementos estructurales de tales bastidores.

Antecedentes de la invención

10 Un bastidor espacial es una celosía de elementos de bastidor estructurales, tales como tubos, interconectados en puntos de conexión de múltiples elementos (comúnmente llamados "nodos"), de tal manera que toda la estructura se comporta como un elemento estructural. Por el contrario, en la disposición típica de vigas y columnas, tal como en los edificios, los elementos estructurales a menudo actúan de forma independiente entre sí y pueden tener trayectorias de fuerza completamente separadas.

15 Dos grandes clases estructurales espaciales se reconocen en la técnica. Son celosías de una sola capa y celosías de capa doble (múltiple) (DLG). Una celosía de una sola capa es una celosía (dispuesta en un esquema geométrico triangular, rectangular o de otro tipo) de estructuras de nodos y de elementos estructurales de secciones transversales y tamaños deseados. Una celosía de una sola capa alcanza su resistencia estructural mediante la colocación de los elementos de la celosía en una superficie curvada. Por lo tanto, las celosías de una sola capa son las más comúnmente utilizadas para definir cúpulas, bóvedas y otras construcciones que tienen una curvatura simple o compuesta.

20 Las celosías de doble capa, tal como indica su nombre, son bastidores espaciales en los que los nodos están situados en dos superficies separadas que comúnmente son planas y en relación paralela separada entre sí; también se conocen DLG abovedadas que tienen superficies curvadas separadas paralelas. En una celosía de doble capa (DLG), los nodos están interconectados en cada superficie mediante elementos estructural rectos llamados cuerdas, las cuerdas en cada superficie están dispuestas en patrones geométricos de repetición, que usualmente son cuadrados, triángulos y rectángulos, pero también puede ser definidos por la matriz de cuerdas en cada superficie. Los cuadrados (u otras formas geométricas) definidos por las cuerdas en las superficies principales de una DLG normalmente son del mismo tamaño en todas las estructuras. Las dos superficies de una DLG están interconectadas mediante otros elementos estructurales rectos que se indican aquí como puntales, para distinguirlos de los elementos de cuerda que se encuentran en las superficies principales de una DLG. Los nodos en una superficie superior de una DLG están situados de modo que el centroide del área del cuadrado que definen, por ejemplo, está situado sobre un nodo en la superficie inferior de la DLG, y los puntales están conectados desde cada uno de los nodos de la superficie superior a ese nodo de la superficie inferior. Como resultado de ello, los puntales en una DLG que se extienden entre las superficies principales de la DLG son oblicuos a las superficies principales.

35 Los bastidores espaciales se utilizan habitualmente como estructuras estáticas, es decir, estructuras que están montadas en y soportado por soportes fijos o cimientos. Las estructuras DLG que son cuadradas o rectangulares en vista en planta global (es decir, tal como se ve desde un punto de vista sobre una línea perpendicular a las superficies principales de la DLG) se pueden apoyar en los extremos de la estructura o en la mitad de la longitud, por ejemplo, de la estructura. Sin embargo, se conoce el uso de estructuras espaciales como cubiertas móviles en pabellones y estadios deportivos, en cuyo caso los soportes del bastidor espacial se realizan sobre unidades de rodillos o de carro, que son móviles a lo largo de pistas horizontales; los bastidores espaciales utilizados en tales situaciones son estructuras fundamentalmente estáticas porque el movimiento de dicho bastidor espacial no altera significativamente las cargas del bastidor debido a la gravedad.

45 El documento DE 77 26 729 H1 divulga una armadura de soporte móvil adecuada para soportar reflectores de radiación electromagnética, que se define sustancialmente como un bastidor espacial de celosía de doble capa de forma cúbica rectangular global que tiene superficies mayores planas paralelas, comprendiendo la armadura una pluralidad de elementos estructural de cuerda mayores paralelos, teniendo cada uno un eje alargado y estando dispuesto esencialmente en unas respectivas de las superficies planas mayores del bastidor y que se extienden paralelas a una de las dos extensiones alargadas del bastidor, también comprendiendo la armadura estructuras de conexión de nodos dispuestas en posiciones separadas a lo largo de cada elemento de cuerda mayor, estando conectados elementos de cuerda menores entre los nodos correspondientes en los elementos de cuerda mayores que definen las superficies estructural planas mayores mencionadas anteriormente para definir una matriz de elementos de cuerda mayores y menores en cada superficie estructural mayor, y elementos estructural de puntales interconectados entre nodos diferentes de las superficies mayores; estando situados unos reflectores soportados por el bastidor dentro del bastidor sobre soportes en respectivas aberturas enmarcadas por los elementos de cuerda mayores y menores en una parte superior de las superficies planas mayores del bastidor.

55 Las conexiones de los elementos estructurales a los nodos en una celosía de una sola capa rara vez son otra cosa que conexiones rígidas definidas por atornillado, remachado o soldadura de los elementos del bastidor asociados entre sí o con otros elementos de nodo a un nodo. Tales conexiones rígidas de los elementos estructurales en los

5 nodos de la celosía permite a las conexiones transmitir a los nodos, y a otros elementos en el nodo, cargas de momento sobre los elementos del bastidor; las cargas de momento son cargas que actúan sobre un elemento estructural de manera que hacen que el elemento estructural tienda a girar o pivotar en relación con el nodo. En las celosías de doble capa modernas, por otro lado, las conexiones de los elementos del bastidor a los nodos raramente son conexiones de momento, son conexiones que son verdaderas conexiones de pasador o son conexiones que se modelan como conexiones de pasador. En una celosía de doble capa, las cargas en la celosía global que tenderían a producir movimientos de rotación de los elementos estructurales respecto a los nodos son resistidas por las fuerzas de tracción o de compresión que actúan en los elementos del bastidor a lo largo de sus longitudes, es decir, axialmente de los elementos estructurales. La razón para el uso de conexiones de pasador en las DLG es el coste y la dificultad de montaje de tales celosías que tienen conexiones de momento de los elementos estructurales en o a los nodos.

15 Una verdadera conexión de pasador de un elemento estructural DLG en un nodo es una conexión sencilla de definir y de hacer. Tal conexión típicamente se realiza pasando un perno o un pasador a través de orificios alineados en un elemento estructural y en una disposición de conector de nodo al que están conectadas con pasador el elemento estructural y otros elementos estructurales. En la medida en que los ejes de los puntales no se cruzan, los ejes de las cuerdas en el nodo (o el eje de una cuerda mayor en el nodo), el nodo se dice que tiene excentricidad. La excentricidad en un nodo DLG hace que el nodo tenga cargas de momento u otras cargas no deseadas aplicadas al mismo. La presencia de cargas de momento en los nodos de una DLG requiere que al menos algunos de los componentes de la celosía sean más pesados que si no estuvieran presentes las cargas de momento. La excentricidad de la carga en un nodo DLG puede ser causada por imperfecciones en las alineaciones del elemento estructural acoplado al nodo, y que las desalineaciones del elemento estructural pueden producirse por separaciones en las conexiones de pasador en el nodo. Las separaciones en las conexiones de pasador en un DLG también pueden provocar que los elementos estructurales de la celosía reduzcan a la mitad las longitudes efectivas entre los nodos que se desvían de longitudes de diseño, lo que afecta a las magnitudes de las cargas reales en los elementos estructurales en comparación con las magnitudes de carga de diseño. La solución a la existencia de (o potencial para) las diferencias entre las cargas del elemento estructural real y de diseño es hacer que los elementos estructurales sean más pesados.

30 Es evidente, por lo tanto, que las estructuras y las técnicas existentes para el establecimiento de conexiones de los elementos estructurales a los nodos de las DLG tienen deficiencias que afectan negativamente a la capacidad de soporte de carga de una DLG global y de los elementos estructurales presentes en la misma. Existen necesidades para estructuras y procedimientos mediante los cuales las conexiones de pasador a nodos en las DLG se puedan hacer con excentricidad reducida o no, y con efectos mínimos de separaciones en las conexiones de pasador. Una satisfacción significativa de alguna o de todas las necesidades puede resultar en DLG que hagan un uso más eficiente de sus elementos estructural, y así permitir la reducción de los pesos de los elementos estructurales, junto con otros beneficios y ventajas consiguientes. Los principales factores que afectan al coste de una DLG dada son principalmente el coste de los materiales utilizados para definir los componentes de la celosía y, en segundo lugar, el coste de mano de obra para montar los componentes. El coste del material es una función del peso del material. Los costes laborales son una función principalmente de las horas de trabajo necesarias para montar una DLG.

40 La presente invención es tal como se reivindica en la reivindicación 1. Realizaciones particulares de la presente invención son tal como se reivindica en las reivindicaciones 2 a 13.

Sumario de la invención

45 La invención beneficiosamente responde a las necesidades identificadas anteriormente. Lo hace proporcionando disposiciones estructurales y procedimientos que se describen en detalle a continuación, junto con las descripciones de los varios beneficios y ventajas de las estructuras y de los procedimientos. Los principales aspectos de la invención se resumen inmediatamente a continuación.

50 Una forma estructural espacial según la presente invención es una armadura de soporte móvil de manera giratoria para un reflector curvado de radiación electromagnética, en particular, radiación solar. La armadura se define sustancialmente como un bastidor espacial de celosía de doble capa que tiene superficies mayores no paralelas. La armadura comprende una pluralidad de elementos estructural de cuerda mayores paralelos, cada uno de los cuales tiene un eje alargado y está dispuesto en una superficie mayor del bastidor. Cada elemento de cuerda mayor se extiende en paralelo a una extensión alargada del bastidor. Los elementos de cuerda mayores incluyen sólo un par de elementos de cuerda mayores inferiores esencialmente en una parte inferior de las superficies mayores del bastidor, y sólo tres elementos de cuerda mayores superiores. Los elementos de cuerda mayores superiores incluyen un elemento de cuerda central que está situado entre dos elementos de cuerda exteriores. Los elementos de cuerda exteriores están situados en respectivos dos planos que también incluyen el elemento de cuerda central. Los planos se cruzan en el elemento de cuerda central en un ángulo oblicuo incluído que es cóncavo alejándose del plano inferior del marco. Unas estructuras de nodo de conexión están dispuestas en posiciones separadas a lo largo de cada elemento de cuerda mayor. Los elementos de cuerda menores están conectados entre los nodos correspondientes en los elementos de cuerda mayores que definen los respectivos planos descritos anteriormente para definir, por ejemplo, matrices rectangulares de elementos de cuerda mayores y menores en cada plano. Los elementos estructurales de puntal están interconectados entre nodos en planos diferentes. Elementos del bastidor

de refuerzo pueden estar conectados entre los nodos diagonalmente opuestos en cada matriz.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Los aspectos mencionados anteriormente y otros de esta invención, y los beneficios, las características y las ventajas de los mismos se describen más detalladamente y se señalan en las siguientes descripciones detalladas realizadas con referencia a la técnica anterior y a ciertas realizaciones estructurales y de procedimiento de la invención, que se representan en la los dibujos adjuntos, en los que:
- La figura 1 es una vista en perspectiva de un bastidor espacial celosía de doble capa (DLG) de la técnica anterior, que tiene una longitud indeterminada y que tiene un vano de separación cuadrado constante;
- 10 La figura 2 es una perspectiva de un bastidor espacial DLG simple no de acuerdo con la presente invención, en la naturaleza de un entramado triangular, que tiene un vano de separación variable;
- La figura 3 es una vista en perspectiva de un conector de nodo no de acuerdo con la presente invención para el bastidor espacial que se muestra en la figura 2;
- La figura 4 es una vista de extremo en alzado fragmentaria del conector de nodo de la figura 3 con las conexiones de los elementos estructurales en el mismo en la construcción del bastidor espacial que se muestra en la figura 2;
- 15 La figura 5 es una vista de extremo en alzado de un bastidor espacial DLG más complejo de acuerdo con la invención que es una armadura de soporte móvil para un espejo curvado y es útil en una instalación de generación de energía solar;
- La figura 6 es una vista de extremo de un primer conector de nodo de configuración útil en la DLG que se muestra en la figura 5;
- 20 La figura 7 es una vista en perspectiva del conector de nodo de la figura 6;
- La figura 8 es una vista de extremo de un segundo conector de nodo de configuración útil en la DLG que se muestra en la figura 5;
- La figura 9 es una vista en perspectiva del conector de nodo de la figura 8;
- 25 La figura 10 es una vista de extremo de un tercer conector de nodo de configuración útil en la DLG que se muestra en la figura 5;
- La figura 11 es una vista en alzado de un pasador de seguridad útil en la realización de conexiones de elementos estructural del bastidor espacial con los conectores de nodo en la práctica de aspectos de la presente invención;
- La figura 12 es una vista en planta de un estilo conocido de clip de retención útil con el pasador de seguridad de la figura 11;
- 30 La figura 13 es una vista en perspectiva que ilustra una primera etapa en la construcción de la DLG de acuerdo con la invención de la figura 5;
- La figura 14 es una vista en perspectiva que ilustra una segunda etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 15 es una vista en perspectiva que ilustra una tercera etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 16 es una vista en perspectiva que ilustra una cuarta etapa en el mismo proceso de construcción;
- 35 La figura 17 es una vista en perspectiva que ilustra una quinta etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 18 es una vista en perspectiva que ilustra una sexta etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 19 es una vista en perspectiva que ilustra una séptima etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 20 es una vista en perspectiva que ilustra una octava etapa en el mismo proceso de construcción;
- La figura 21 es una vista en perspectiva que ilustra una novena etapa en el mismo proceso de construcción;
- 40 La figura 22 es una vista en perspectiva que ilustra una décima etapa en el mismo proceso de construcción, habiéndose eliminado partes sustanciales del bastidor espacial montado previamente de la figura 22 para mayor claridad de la descripción de la estructura que se añade en la décima etapa;
- La figura 23 es una vista en planta superior que muestra una undécima etapa en el mismo proceso de construcción;
- 45 La figura 24 es una vista de extremo en alzado fragmentaria de una porción de la estructura que se muestra en la figura 23;

La figura 25 es una vista en perspectiva de uno de los dos brazos de pivote (transferencia de par) que son componentes de la armadura soporte de espejo de acuerdo con la invención de la figura 5; y

La figura 26 es una vista en alzado de otro pasador de seguridad útil en la práctica de los aspectos de esta invención.

5 **Descripción detallada de la invención**

La figura 1 es una vista en perspectiva de una porción de un bastidor espacial 10 DLG subdividido de una forma rectilínea. El bastidor 10 se compone de elementos estructural que están dispuestos para definir las capas superior 11 e inferior 12 de la estructura y para interconectar esas capas en una disposición que hace que las capas estructural 11 y 12 estén en relación paralela separada entre sí. Las capas 11 y 12 también se pueden llamar celosías, de ahí el nombre de celosía de doble capa (DLG) para el tipo estructural espacial que se muestra en la figura 1.

Los elementos estructurales de la DLG 10 comprenden cuerdas que están interconectadas para definir las capas superior 11 e inferior 12 de la DLG que tiene un extremo 13 y lados opuestos 14 y 15. Las cuerdas, que se extienden a lo largo de la longitud de la DLG, pueden ser, y preferiblemente son, continuas (sujetas a limitaciones de las longitudes disponibles) y para efectos presentes, se llaman cuerdas mayores. Por lo tanto, la DLG 10 incluye cuerdas mayores superiores 16 y cuerdas mayores inferiores 17. En cada capa de la DLG. 10, las cuerdas mayores superiores e inferiores están interconectadas y separadas mediante cuerdas transversales menores superiores 18 e inferiores 19, cada una de las cuales tiene una longitud igual (o esencialmente así) a la separación entre las cuerdas mayores que interconectan. Las cuerdas mayores y menores de la DLG 10 están alineadas para que sean paralelas a las respectivas direcciones ortogonales, es decir, la longitud y la anchura, de la DLG. En cada capa, las cuerdas mayores y menores están interconectadas en los puntos de unión, que son comúnmente denominados nodos. Por lo tanto, la DLG 10 tiene nudos superiores 20 y nudos inferiores 21. Como es común en una DLG, la distancia en cada capa entre cuerdas menores paralelas adyacentes es igual a la distancia entre cuerdas mayores adyacentes paralelas, y así los nudos superiores 20 y los nudos inferiores 21 están situados en las esquinas de filas alineadas y columnas de cuadrados unidas mediante cuerdas mayores y menores; cada cuadrado de la capa superior corresponde a un compartimento de la DLG; las cuerdas en la capa inferior del bastidor 10 también definir compartimentos cuadrados. Así, en consonancia con lo anterior, la DLG 10 tiene una separación constante de compartimento cuadrado.

Si la separación entre cuerdas menores paralelas adyacentes de una DLG es mayor o menor que la separación entre las cuerdas mayores adyacentes en una capa, la DLG se describe como que tiene una separación de compartimento constante rectangular.

Las cuerdas 16 y 18 de la DLG 10 puede decirse que están en (o definen) una superficie superior de la DLG; de manera similar, las cuerdas 17 y 19 están en (definen) una superficie inferior de la DLG. Las superficies superior e inferior de la DLG 10 son paralelas.

Las capas superior e inferior de la DLG 10 están separadas de y se apoyan entre sí mediante elementos estructural diagonales 22 adicionales, llamados puntales, cada uno de los cuales se extiende entre un nodo 20 de la capa superior y un nodo 21 de la capa inferior. Para que las celosías superior e inferior puedan estar rígidamente fijas entre sí mediante los puntales, las cuerdas superiores mayores y menores están desplazadas respecto a las cuerdas inferiores mayores y menores, de tal forma que los nodos inferiores 21 están situados verticalmente por debajo de los centros de las aberturas cuadradas definidas por las cuerdas de la celosía superior; los nodos superiores 20 están situados verticalmente por encima de los centros de las aberturas definidas por las cuerdas de la celosía inferior. Por lo tanto, los puntales están dispuestos en planos que están inclinados respecto a las superficies superior e inferior del bastidor 10. Tal como se muestra en la figura 1, dentro de los límites del bastidor hay cuatro puntales 22 conectados a cada nodo superior 20 y a cada nodo inferior 21. Como resultado de ello, los puntales están dispuestos en dos conjuntos de planos paralelos, un conjunto paralelo a y que se cruza con una cuerda superior mayor y un cuerda inferior mayor, y un conjunto paralelo a y que se cruza con una línea de las cuerdas superiores menores y una línea de las cuerdas menores inferiores. A lo largo de los extremos y de los lados del bastidor 10 hay dos puntales 22 conectados a cada nodo superior 20, y el extremo del bastidor y las superficies laterales (planos de los puntales) están inclinadas hacia abajo y hacia el interior entre las superficies superior e inferior del bastidor.

En el bastidor clásico 10 que se muestra en la figura 1 hay un menor número de cuadrados en la capa inferior 12 que los que hay en la capa superior 11. Como el bastidor 10 que se representa en la figura 1, el bastidor es de seis cuadrados (compartimentos) de ancho en su capa superior y de cinco cuadrados (compartimentos) de ancho en su capa inferior, mientras que la longitud del bastidor tal como se representa es indefinida. Este bastidor DLG puede describirse mediante la notación $6 \times n / 5 \times (n-1)$, en la que $6 \times n$ indica una celosía superior de 6 compartimentos de ancho por n compartimentos de largo, y la notación $5 \times (n-1)$ indica una celosía de fondo de 5 compartimentos de ancho por $(n-1)$ compartimentos de largo.

La descripción del bastidor 10 en este punto se ha referido a aspectos geométricos del bastidor, a los elementos de

bastidor estructurales lineales que comprenden el bastidor, y a los nodos donde las líneas (ejes) de los diferentes elementos estructurales se cruzan entre sí en un bastidor ideal. Esa descripción es un fondo y la base para las siguientes descripciones estructurales reales y de las estructuras que se utilizan para interconectar los elementos estructurales a los nodos en dichos bastidores. Las siguientes descripciones incluyen descripciones de disposiciones de conexión de nodos que permiten el diseño y la construcción estructurales espaciales de tipo DLG que tienen propiedades y beneficios avanzados.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un bastidor espacial 25 de tipo DLG en la forma de un tirante de sección transversal triangular de equilátero invertido. Usando la notación que se ha descrito anteriormente, el bastidor 25 es un bastidor DLG 1x8/0x0. El bastidor 25 tiene dos cuerdas mayores superiores 26 y una cuerda mayor inferior 27, todas las cuales se extienden a lo largo de toda la longitud del bastidor.

Las figuras 3 y 4 muestran un conector de nodo 28 del bastidor 25. Debido a que la configuración en sección transversal del bastidor 25 es la de un triángulo equilátero, una única configuración básica de conector de nodo se puede utilizar en todos los nodos en el bastidor. Los elementos estructurales del bastidor 25 son preferiblemente tubos cuadrados, teniendo las cuerdas principales preferiblemente secciones transversales más grandes que las secciones transversales de los otros elementos del bastidor (cuerdas menores, puntales, y abrazaderas de torsión) presentes en la bastidor; los otros elementos estructural preferiblemente son de las mismas dimensiones en sección transversal. El material del bastidor es preferiblemente una aleación de aluminio que se puede extrudir, y los elementos del bastidor son preferiblemente tubos extrudidos de aluminio. Asimismo, los conectores 28 de los nodos preferiblemente están definidos mediante extrusiones de la misma aleación de aluminio.

La figura 4 muestra la conexión con pasador de dos puntales 30 a un conector de nodo 28 que tiene una conexión con pasador a la cuerda inferior 27; una conexión de puntales a un conector de nodo en cualquiera de las cuerdas mayores superiores tendría sustancialmente el mismo aspecto tal como se muestra en la figura 4, excepto que las cuerdas mayores superiores en realidad están giradas alrededor de sus ejes longitudinales - visualizar que la figura 4 se hace girar 120° en cualquier dirección.

El conector de nodo 28 tiene una porción de canal 31 de base de recepción de la cuerda, que tiene una base plana 32 y dos bridas paralelas 33 separadas perpendiculares a la base. La separación entre las caras opuestas de las bridas 33 es ligeramente mayor que la anchura exterior de una cuerda mayor, y la altura de las bridas desde la base 31 es preferiblemente igual a la altura de una cuerda mayor. El conector de nodo 28 también lleva a lo largo del exterior de la porción de canal, en direcciones paralelas a la longitud de la porción de canal del conector, una pluralidad de elementos estructurales fijos (bridas o nervios) 34 que definen dos pares de superficies 35 y 36 sustancialmente planas y opuestas separadas paralelas. Las superficies 35 y las superficies 36 están separadas una distancia que es ligeramente mayor que la anchura de la extrusión desde la que se definen los puntales, las cuerdas menores y las abrazaderas de torsión del bastidor 25. Además, las superficies 35 están separadas por igual y paralelas de los lados opuestos de un plano 37 que pasa a través del eje estructural neutro de la cuerda inferior 27, tal como se recibe y se fija en la porción de canal 31 del conector de nodo 28, tal como se muestra en la figura 4. Como la cuerda 27 está definida mediante un tubo cuadrado extrudido de espesor de pared uniforme, la posición del eje neutro de la cuerda es coincidente con el centroide del área de la sección transversal de la cuerda tubular. De manera similar, las superficies 36 están separadas por igual y paralelas de los lados opuestos de un plano 38 que pasa a través del eje neutro de la cuerda 27 como se recibe y se fija en el conector de nodo 28. Así, independientemente de la angularidad de un puntal 30, como conectado con pasador al conector de nodo, con relación a la longitud del conector de nodo, las fuerzas axiales (tracción o compresión) en el tirante están alineadas con y pasan a través del eje neutro de la cuerda a que está montado (rígidamente) de forma fija el conector de nodo montado como mediante el uso de pasadores de seguridad. Esto es, como las bridas 34 son paralelas a la longitud del conector de nodo y tienen las relaciones geométricas descritas para la porción de canal del conector de nodo, la conexión con nodos montada está libre de excentricidades independientemente de las angularidades de los puntales pertinentes respecto a la cuerda.

El conector de nodo 28 preferiblemente está doblemente fijado a la cuerda 27 mediante el uso de pasadores de seguridad 40 y retenedores de clip 41, tal como se representa en las figuras 11 y 12. La doble fijación con pasadores del conector a la cuerda 27 proporciona una conexión rígida entre los mismos; en una DLG, una conexión rígida de un conector de nodo a al menos uno de los elementos del bastidor que se acopla con ese conector de nodo es importante para permitir que el conector de nodo 28 se fije con pasadores doblemente a la cuerda 27, el conector tiene dos conjuntos de orificios 42 de pasador de seguridad formados a través de bridas 33 de porciones de canal en lugares separados a lo largo de la longitud del conector. Los dos orificios 42 en cada conjunto de orificios están centrados en una línea que es normal a la longitud del conector de nodo, y preferiblemente pasan a través del eje neutro de la cuerda 27 como fijado en el conector de nodo. Orificios de pasador de seguridad similares están formados a través de las paredes de cuerda 27 sobre una línea perpendicular a la longitud de la cuerda y que pasan, preferentemente, a través del eje neutro de la cuerda. Si la longitud del tirante 25 supera la longitud a la que las cuerdas 26 y 27 se pueden obtener o manipular convenientemente, los conectores de nodo 28 pueden ser utilizados para hacer empalmes entre longitudes del elemento de cuerda alineadas. El empalme se logra haciendo un conector de empalme de nodo de longitud extendida, y fijando de manera doble los extremos adyacentes de dos longitudes de elemento de cuerda al conector de nodo.

De la misma manera, los orificios de pasador de seguridad 43 están formados a través de las bridas 34 del conector de nodo para cada otro elemento estructural que va a ser conectado a ese conector de nodo en el bastidor 25 completado. En este caso, como cada otro elemento estructural es simplemente (por separado) fijado con pasador al conector de nodo, se forma un orificio 43 por cada elemento estructural que se conecta al conector en cada brida 34 correspondiente, y los dos orificios en las bridas que coactúan están centrados en una línea que es perpendicular a las superficies de brida 35 ó 36. Igualmente, dos orificios de pasador de seguridad alineados están formados a través de las paredes de cada otro elemento estructural; están colocados en una línea perpendicular a la longitud del elemento estructural y pasan, preferentemente, a través del eje neutro de dicho elemento.

Tal como se muestra en la figura 2, las cuerdas mayores superiores 26 y la cuerda inferior 27 del bastidor 25 son de igual longitud; comparar las diferentes longitudes de las cuerdas mayores 16 y 17 en el bastidor 10 que se muestra en la figura 1. Las cuerdas mayores superiores 26 están situadas en relación separada paralelas entre sí mediante las cuerdas menores 44, que son paralelas entre sí y perpendiculares a las cuerdas mayores, y así las cuerdas mayores superiores se montan (tal como se describió anteriormente) en los conectores de nodo 28 en sus extremos y en posiciones opuestas separadas a lo largo de sus longitudes. Para conseguir puntos de conexión para los puntales diagonales 30 en el bastidor 10, los conectores de nodo 28 están fijamente montados a la cuerda inferior 27 en posiciones entre los extremos de esa cuerda que están, respectivamente, a mitad de camino a lo largo de la distancia entre las correspondientes cuerdas menores superiores 44. Además, para acomodar el montaje de los accesorios de soporte del bastidor 45 a los extremos opuestos del bastidor 25, un conector de nodo de extremo 28 está montado de manera fija en cada extremo de la cuerda inferior 27.

Como para cada uno de los conectores de nodo 28 situados entre, en lugar de en, los extremos de cuerda inferior 27, cuatro puntales 30 se unidos con pasador a cada conector; dos de esos puntales tienen sus extremos alojados de manera móvil todavía de manera ajustada entre las superficies 35 del conector, de manera que las superficies exteriores opuestas planas del puntal sustancialmente coinciden con las superficies 35, y otros dos de dichos puntales tienen sus extremos alojados de manera móvil todavía de manera ajustada entre las superficies 36 de los conectores, de manera que las superficies opuestas planas exteriores de los puntales sustancialmente coinciden con las superficies 36. Los extremos de los puntales 30 se unen con pasadores a los conectores 28, con los que cooperan mediante el uso de pasadores de seguridad 40 que pasan a través de los orificios de los extremos de los puntales y a través de los orificios 43 del conector. Todos los pasadores de seguridad preferiblemente se mantienen en posición mediante una conexión de los retenedores de clip 41 en los pasadores; cada retenedor coopera con su pasador en una cavidad circunferencial (ranura) 47 definida en el vástago del pasador redondo adyacente a un extremo distal del pasador que es opuesta a una cabeza ampliada 48 en el otro extremo del pasador. Dos puntales 30 están conectados desde el conector de nodo en cada extremo de la cuerda inferior 27 a un conector de extremo estructural correspondiente en los extremos adyacentes de las cuerdas mayores superiores 26; véase la figura 2.

Además, para hacer el bastidor 25 rígido contra cargas de torsión o rotura impuestas sobre el mismo en uso, el bastidor 25 incluye un elemento del bastidor 49 de abrazadera de torsión en cada compartimento del bastidor; un compartimento del bastidor 25 es la abertura delimitada por las cuerdas mayores superiores 26 y dos cuerdas superiores menores 44 adyacentes. Cada abrazadera de torsión está conectada entre los conectores de nodo en las esquinas diagonalmente opuestas de un compartimento. Las abrazaderas de torsión están situadas en el plano de las cuerdas menores superiores, y así los extremos de la abrazadera de torsión están simplemente (por separado) unidos con pasador entre las mismas superficies 35 ó 36 de cada conector de nodo afectado, entre los cuales un extremo de una cuerda superior menor 44 está igualmente unido con pasador. En la porción del bastidor 25 entre sus compartimentos de extremo, las abrazaderas de torsión 49 se alternan en las direcciones en las que se desvían de la longitud del bastidor.

Se llama la atención a los conectores de nodo indicados 28' y 28" en la figura 2; están en los extremos opuestos de una sola cuerda menor superior 44. Además de estar asociados con una cuerda mayor superior 26, el conector 28' tiene asociado con el mismo dos puntales 30, una cuerda superior menor 44, y dos abrazaderas de torsión 49. Los puntales 30 pueden alojarse entre las superficies 35 del conector 28' y los elementos estructurales 44 (uno) y 49 (dos) pueden alojarse entre las superficies 36 de ese conector. Por el contrario, el conector de nodo 28" tiene asociado con el mismo una cuerda mayor superior, una cuerda menor 44, y dos puntales 30. Para acomodar estas diferencias en el número de conexiones con los mismos, el conector 28' tiene una longitud mayor que la del conector 28" en una cantidad adecuada para alojar los extremos de tres elementos estructural entre las superficies 36 del conector 28'. Esa diferencia de longitud del conector se maneja fácilmente haciendo el conector 28' de una longitud más larga de la extrusión del conector que la longitud de la sección de extrusión utilizada para hacer el conector 28", y mediante la perforación de tres conjuntos de orificios 43 a través de las superficies 35 que forman las bridas, en lugar un conjunto de dichos orificios.

Es una característica del bastidor 25 que todos los orificios de pasador de seguridad formados en cada conector de nodo 28 tengan el mismo diámetro de diseño (y preferiblemente el diámetro real) que el diámetro de los vástagos cilíndricos de los pasadores de seguridad que se insertan en esos orificios, y que los orificios de pasador de seguridad formados en todos los elementos estructurales del bastidor 25 también tienen el mismo diámetro de diseño (también preferiblemente real) que el diámetro del vástago de los pasadores de seguridad utilizados para unirlos con pasador al conector de nodo 28. Es decir, cada pasador de seguridad tiene una tolerancia cero respecto al conector de nodo y a los orificios del elemento estructural a través del cual se insertará su vástago para conectar

el elemento estructural correspondiente al conector de nodo relevante. Esta tolerancia cero significa, como cuestión práctica, que cada pasador de seguridad tiene un ajuste de interferencia en cada uno de los orificios con los que se recubre cuando se instala en el bastidor. Dicha tolerancia cero de los pasadores de seguridad en el conector y los orificios de los elementos estructurales 25 significa que puede ser construido con gran precisión y no tiene juego u holgura en ninguna de sus conexiones. Tal como se señaló anteriormente, la falta de juego u holgura en las conexiones de los elementos estructurales en un bastidor espacial significa que cada elemento estructural experimentará y transmitirá las cargas que se corresponden muy cerca a las cargas de diseño, y que todos los elementos del bastidor compartirán de manera efectiva y transmitirán de manera correcta las cargas y las fuerzas de carga dentro del bastidor. Habrá casos mínimos de que algunos elementos estructural lleven más o menos de la fracción de las cargas totales con que fueron diseñados para transportar. Por consiguiente, la disminución de los factores de seguridad puede ser utilizada en el diseño del bastidor 25 y, correspondientemente, se puede utilizar elementos del bastidor más ligeros que si las conexiones del bastidor tienen juego u holgura, sin comprometer la seguridad o la adecuación estructural.

Una inspección de la figura 2 revelará que tiene 8 compartimentos a lo largo de su longitud, es decir, 8 intervalos entre 9 cuerdas menores superiores 44 separadas. Esta inspección de la figura 2 revelará que los 4 compartimentos en la mitad de la longitud del bastidor son de la misma longitud, cuya longitud es menor que las longitudes iguales de los otros 4 compartimentos del bastidor. Por lo tanto, el bastidor 25 tiene una separación de compartimento variable; la separación de compartimento en el bastidor 25 puede definirse como la distancia a lo largo de la longitud del bastidor entre los centroides de las áreas rectangulares en lados opuestos de una cuerda menor. La separación de compartimento variable significa que algunos conectores de nodo están más cerca entre sí a lo largo de una cuerda mayor que otros de los conectores de nodo a lo largo de esa cuerda mayor. Debido a la naturaleza de los conectores de nodo 28 tal como se ha descrito anteriormente, todos los conectores de nodo a lo largo de esa cuerda mayor pueden estar (preferiblemente están) hechos con la misma configuración en sección transversal, es decir, mediante el uso de diferentes piezas cortadas a partir de una sola extrusión. La separación de compartimento variable es posible con conectores de nodo 28 ya que, en todos los conectores de nodo, los elementos de los conectores que definen las superficies 35, 36 están dispuestos para ser paralelos a la longitud de la porción del conector que coopera con la cuerda mayor del marco que se puede (preferentemente lo hace) extender continuamente a través del conector. La separación de compartimento variable se consigue fácilmente en el bastidor 25 mediante la variación de las longitudes de los puntales 30 y de las abrazaderas de torsión, según sea necesario.

Se prefiere que los conectores de nodo y los elementos estructurales del bastidor 25 estén definidos del mismo material, de manera que todos tengan el mismo coeficiente de expansión térmica, lo que resulta en un bastidor que desarrolla tensiones mínimas en el mismo con el cambio de temperatura y no se desvían o distorsionan debido a los cambios de temperatura. El material preferido para la definición de los conectores de nodo y los elementos estructurales del bastidor 25 es una aleación de aluminio, y esos elementos estructural preferiblemente están hechas mediante procesos de extrusión. Los pasadores de seguridad utilizados en las conexiones dentro del bastidor pueden ser de aluminio o de acero inoxidable.

Sin embargo, está dentro del alcance de esta invención que los conectores de nodo y los elementos estructurales del bastidor 25, o de otros bastidores de acuerdo con esta invención, pueden estar hechos de otros materiales. Si el acero es el material de elección, será evidente que los conectores de nodo pueden ser fabricados a partir de componentes discretos, preferentemente soldados entre sí en forma de artículos integrales de fabricación. Se pueden utilizar materiales pultrusionados, tales como plásticos reforzados con fibras (resinas sintéticas); en ese sentido, los componentes pultrusionados se consideran como equivalentes de los componentes extrudidos. Ambos componentes extrudidos y pultrusionados pueden ser utilizados en un bastidor dado de acuerdo con esta invención. Los conectores de nodo pueden hacerse mediante otros procesos de fabricación, tales como fundición o mecanización.

Respecto al bastidor 25, se observó que, debido a que la sección transversal global de configuración del bastidor es la de un triángulo equilátero invertido, todos los conectores de nodo en el bastidor pueden tener la misma configuración en sección transversal. Si la configuración en sección transversal del bastidor era de un triángulo isósceles, entonces dos diferentes configuraciones de sección transversal serían necesarias para los conectores de nodo. De manera similar, si la configuración del bastidor fuera la de un triángulo que no tiene ángulos iguales incluidos, serían necesarias tres diferentes secciones transversales de conectores de nodo. Los principios utilizados en el diseño de conectores de nodo 28 se pueden utilizar en el diseño de conectores de nodo para los bastidores espaciales de tipo DLG que tienen otras configuraciones que tirantes de sección transversal triangular. Los tirantes de caja de sección cuadrada pueden definirse mediante una variación de conectores de nodo 28, en el que los planos centrales entre las superficies 35 y 36 se cruzan entre sí en un ángulo de 90°, en lugar de un ángulo de 60°. Por otra parte, un tirante diseñado y construido de acuerdo con esta invención puede colocarse verticalmente para servir como una torre. Diferentes secciones transversales de conectores de nodo son fácilmente se alojan fácilmente en la práctica de esta invención, tal como se hizo más evidente mediante las descripciones siguientes.

La figura 5 es una vista de extremo de otro bastidor espacial 50 según la presente invención. El bastidor 50 es un bastidor de celosía de doble capa (DLG) que tiene una superficie inferior plana definida por dos cuerdas mayores inferiores 51, 52 y las cuerdas menores inferiores 53 que se extienden transversalmente de esas cuerdas mayores. La superficie superior del bastidor 50 no es plana, sino que tiene el contorno de una V poco profunda (ángulo oblicuo

incluido) que es cóncava hacia arriba desde la superficie inferior del bastidor; el bastidor es sustancialmente simétrico alrededor de un plano bisector del ángulo que incluye. La superficie superior está definida por dos planos 54, 55 que se cruzan en el eje de una cuerda mayor central superior 57. Dos cuerdas mayores superiores exteriores 58, 59 están situadas equidistantemente desde y en lados opuestos de la cuerda central 57 y están dispuesta, respectivamente, en los planos 54 y 55. La cuerda mayor superior central 57 está situada de manera centrada por encima y en paralelo a las cuerdas mayores inferiores 51, 52 mediante puntales centrales 60 de igual longitud. Cada una de las cuerdas mayores superiores exteriores 58, 59 está situada con relación a la cuerda mayor superior central y a la cuerda mayor inferior adyacente mediante las cuerdas menores superiores 61 y mediante los puntales 62, que son más largos que los puntales centrales 60. Las cuerdas mayores del bastidor 50 preferiblemente están definidas mediante tubos redondos. Las cuerdas menores, los puntales, las abrazaderas de torsión y los elementos estructurales auxiliares (consulte las descripciones siguientes) preferentemente se definen mediante tubos cuadrados. Los tubos (redondos y cuadrados) preferiblemente están definidos mediante extrusiones de aluminio, ya que son todos de los tres estilos diferentes de conectores de nodo en los que están interconectados los elementos estructurales del bastidor 50.

El uso previsto del bastidor 50 es como una armadura de soporte móvil para un elemento alargado, preferentemente un espejo cilíndricamente curvado 64 en una instalación de generación de energía solar; la posición de un espejo 64 respecto al bastidor se muestra en la figura 5. Para permitir que el bastidor sirva en esa capacidad, el bastidor está diseñado y construido para llevar unos accesorios de brazos 65 de soporte y de transmisión de par en cada uno de sus extremos, y para llevar soportes 66 para tubos a través de los que circula un líquido a calentar mediante la radiación solar reflejada por el espejo. El conjunto del espejo completo y el bastidor de soporte del espejo tiene un centro de gravedad y un centro de rotación que son coincidentes en 67 en los brazos 65.

A la luz de las descripciones anteriores del bastidor de tirante 25 y sus conectores de nodo 28, será evidente que el bastidor 50 incluye tres estilos de conectores de nodo que cooperan respectivamente con las cuerdas mayores inferiores 51, 52, con la cuerda mayor superior central 57, y con las cuerdas mayores superiores exteriores 58, 59. Esos tres estilos de conectores de nodo se muestran, respectivamente, en las figuras 6 y 7, en las figuras 8 y 9, y en la figura 10.

Los conectores de nodo 69 de la cuerda mayor inferior tienen la configuración en sección transversal mostrada en la figura 6. A diferencia de los conectores de nodo 28, en el bastidor 25, los conectores de nodo 69 están configurados para cooperar con un elemento estructural de cuerda mayor que está definido en la forma de un tubo redondo. Un conector de nodo 69 tiene una porción de acoplamiento 70 de cuerda cilíndrica de forma circular de base que define un pasaje 71 circunferencialmente cerrado redondo que se extiende a lo largo de la longitud del conector. El diámetro del pasaje 71 es ligeramente mayor que los diámetros exteriores de las cuerdas mayores inferiores del bastidor 50, de manera que cada conector permite que un tubo de cuerda ser inserte de manera ajustada y deslizante en y a través del conector de nodo. Al menos un par (preferiblemente dos pares) de orificios 72, alineados en un diámetro del pasaje 71, están formados a través de la porción de acoplamiento de la cuerda del conector para permitir que los pasadores de seguridad (preferiblemente pasadores de seguridad con tolerancia cero tal como se describió anteriormente) sean utilizados con orificios cooperantes en el tubo de cuerda mayor pertinente para montar de manera fija el conector al tubo de cuerda. En otros aspectos, sin embargo, los conectores de nodo 69, así como los conectores de nodo superiores centrales 74 (figuras 8 y 9) y los conectores de nodo 75 de las cuerdas superiores exteriores 75 (figura 10) del bastidor 50, son suficientemente similares a los conectores de nodo 28 que, en vista del contenido de las figuras 6 a 10, no son necesarias descripciones extendidas de los conectores de nodo del bastidor 50 para una comprensión de los mismos para una persona experta en la técnica.

Por lo tanto, indicado brevemente, cada uno de los conectores de nodo de cuerda principal 69, 74 y 75 lleva a lo largo de su longitud y externamente de su porción de base de acoplamiento de la cuerda tubular 70 una pluralidad de elementos estructurales 77 fijos que definen una pluralidad de pares de superficies 78, 79, 80 sustancialmente planas opuestas paralelas separadas (figura 6 como al conector 69), 81 82, 83, 84 (figura 8 como al conector 74), y 85, 86 y 87 (figura 10 como al conector 75). Las encaradas de las superficies 78 a 87 permiten una coincidencia ajustada aunque móvil con superficies exteriores planas encaradas opuestas de las cuerdas menores y otros elementos estructural del bastidor 50 después de la inserción de los extremos de esos elementos estructural entre esas superficies enfrentadas cuando se monta el bastidor 50 (ver las figuras 13 a 24). Pares alineados de orificios 89 están formados a través de elementos (bridas) 77 en posiciones adecuadas en cada conector de nodo particular para permitir la inserción de pasadores de seguridad de tolerancia cero a través de los mismos y a través de orificios formados a través de los extremos de los elementos estructurales relevantes, tal como se ha descrito anteriormente en relación al bastidor 25.

Las figuras 6, 8 y 10 muestran que ciertas bridas 77 pueden ramificarse en sus extremos exteriores para definir pares de superficies 78 a 87 enfrentadas en las que, en cada par, las superficies son paralelas y equidistantes de correspondientes planos centrales que incluyen el eje de ese pasaje 71 receptor de la cuerda del conector de nodo y el eje neutro de la cuerda mayor tubular redonda recibida en ese pasaje.

Es decir, en el conector de nodo mostrado en la figura 6, los elementos conectores 77 que definen las adyacentes de las superficies 78 y 79, y que definen las adyacentes de las superficies 79 y 80, no están conectados directamente al exterior de la porción de tubo 70. En su lugar, se realizan en los extremos de los nervios 88 que

están conectados directamente al exterior de la porción de tubo 70. Los nervios preferiblemente están dispuestos en planos que intersectan el eje del pasaje del conector. Esta característica de un conector de nodo permite la conexión con el conector de los elementos estructurales situados en planos que tienen una separación angular relativamente pequeña entre los mismos en el conector de nodo, al tiempo que permite que los ejes neutros de los elementos estructurales tengan la intersección deseada con el eje neutro de un elemento estructural (cuerda, por ejemplo) situado en el pasaje 71 de ese conector de nodo. El movimiento de las posiciones de los pasadores de seguridad hacia el exterior desde la porción de tubo del conector de nodo no es una desventaja.

La estructura del bastidor completado 50 se hará evidente a partir de la comprensión de las figuras 13 a 24, que muestran las etapas seguidas en el montaje del bastidor desde sus componentes redondos y elementos estructural tubulares cuadrados y sus conectores de nodo 69, 74 y 75. La primera de esas etapas se muestra en la figura 13. Los conectores de nodo 69 están acoplados alrededor del elemento preferiblemente tubular redondo que define la cuerda mayor inferior 52 y están fijados al mismo en los extremos y el centro de esa cuerda. Cada conector de nodo prefabricado del bastidor 50 puede soportar notaciones de codificación que informan a las personas que montan el bastidor, donde cada conector de nodo se va a colocar en el bastidor y qué direccionalidad ha de tener respecto a los extremos de su elemento de cuerda mayor. Entonces, tal como se muestra en la figura 14, tres conectores de nodo 69 se acoplan alrededor de manera similar y se fijan a la cuerda mayor inferior 51.

Tal como se muestra en la figura 15, una tercera etapa en el proceso de montaje del bastidor puede ser el montaje de cinco conectores de nodo 74 en la secuencia apropiada en cuerda mayor superior central 57 y la unión con pasador de los mismos a la cuerda. En ese proceso, una placa 90 está montada a la cuerda en asociación con el conector de nodo central, cuya placa más tarde se conectará a un soporte 66. Véase que los conectores de nodo 74 no están uniformemente separados a lo largo del tubo de cuerda 57; véase también la figura 19, donde se hace evidente la razón de esa separación del conector. La cuarta y quinta etapas en el proceso de montaje del bastidor pueden ser la colocación de los conectores de nodo 75 en cada uno de los tubos de cuerdas mayores centrales exteriores 58 y 59 y la unión con pasadores de esos conectores a esos tubos; véanse las figuras 16 y 17.

La figura 18 ilustra una sexta etapa en el proceso de montaje del bastidor, a saber, la interconexión de los tubos de cuerda mayores inferiores 51 y 52 mediante las cuerdas menores inferiores 53, los elementos de abrazadera de torsión 92 y los elementos adicionales del bastidor, utilizando pasadores de seguridad de tolerancia cero para hacer todas las conexiones a los conectores de nodo. Las cuerdas mayores 51, 52 y las cuerdas menores 53 definen dos compartimentos rectangulares en la capa (superficie) inferior del bastidor 50. Esas cuerdas mayores son más cortas en longitud que las cuerdas mayores superiores 57 a 59. La compensación de esa diferencia de longitud de la cuerda mayor se consigue mediante la conexión a cada extremo de cada tubo de cuerda mayor inferior de un elemento estructural adicional 93 preferiblemente cuadrado. En cada extremo del conjunto de capa inferior, los otros extremos de los elementos transversalmente adyacentes 93 están doblemente unidos con pasadores o pernos (una conexión rígida) a un accesorio de acoplamiento 94, al que más tarde se fijará un extremo de un brazo de torsión 65 del bastidor.

El subconjunto de cuerda mayor superior central (figura 15) se puede conectar en posición con relación al conjunto de cuerda mayor inferior (figura 18), tal como se muestra en la figura 19 como una séptima etapa en el proceso de montaje. Los puntales centrales 60 se unen con pasador entre los conectores de nodo 69 en las cuerdas mayores inferiores y los conectores de nodo 74 de extremo en la cuerda central, y los otros dos conectores 74 que están en lados opuestos del centro de la cuerda central superior 57. Dos elementos estructural 95 adicionales están unidos con pasador entre el conector de nodo central 74 en la cuerda superior 57 y los respectivos conectores de nodo centrales 69 en las cuerdas inferiores 51, 52. La placa 90 entonces se puede fijar, tal como mediante pernos o remaches, a los extremos de los elementos 95 que están unidos con pasador al conector de nodo central 74. La placa 90 también se puede fijar en su posición deseada mediante abrazaderas de conexión 96 entre la parte central de la placa y los elementos estructurales 95, tal como se muestra en la figura 19. La finalización de esta etapa de montaje hace que los accesorios de conexión de brazo de torsión 94 se coloquen sustancialmente por debajo de los extremos opuestos de la cuerda mayor superior central 57.

La octava y novena etapas en el montaje del bastidor 50 pueden ser la unión con pasador de las cuerdas mayores superiores exteriores 59, 58 a las cuerdas mayores inferiores 52, 51, respectivamente, a través de puntales 62 más largos y conectores de nodo 69 y 75; véanse las figuras 20 y 21.

Una décima etapa en el montaje del bastidor 50 puede ser la interconexión de las cuerdas mayores superiores exteriores 58, 59 a la cuerda mayor superior central 57, y la conexión de los elementos estructurales auxiliares a las cuerdas 58 y 59. Esta etapa se representa en la figura 22, que muestra los elementos estructurales 61 de las cuerdas superiores menores unidas con pasador entre los conectores centro de nodo 74 de las cuerdas centrales y los conectores de nodo 75 de las cuerdas exteriores lateralmente adyacentes; en interés de la claridad de ilustración, los elementos estructurales situados debajo de la parte superior del bastidor no se muestran en la figura 22. Unas abrazaderas de torsión 92 están dispuestas (una en cada uno de los seis compartimentos definidos por los elementos 57, 58, 59 y 61) en diagonal entre los elementos de cuerda, de manera que, en cada lado de la cuerda central 57, las abrazaderas de torsión se alternan en las formas que son oblicuos respecto a la longitud del bastidor. Como está conectado entre las cuerdas mayores 57, 58 y 59, las cuerdas menores superiores 61 pueden llevar clips de U invertida 98 en posiciones seleccionadas a lo largo de sus longitudes para la conexión posterior a los mismos

de tubos de soporte 99 de espejo longitudinales (véanse las figuras 23 y 24). Los clips 98 funcionan como bandas desde las superficies planas superiores del bastidor 50 para adaptarse a la curvatura del reflector de enfoque que soporta el bastidor en uso. Además, los tubos de extensión 100 cuadrados (similares a los estabilizadores del bastidor) pueden conectarse rígidamente entre las superficies 87 de cada uno de los conectores de nodo 75. Cada tubo 100 puede llevar a un clip de U invertida en su extremo no soportado. Por lo tanto, en cada estación transversal del bastidor 50 correspondiente a las posiciones de las cuerdas menores superiores 61, el bastidor puede incluir seis clips 98 como características que facilitan la conexión del espejo 64 al bastidor.

La atención se dirige al conector de nodo 74 en la cuerda mayor superior central 57 entre la placa 90 y el extremo izquierdo del bastidor, tal como se representa en las figuras 21, 22 y 23. Además de la cuerda mayor 57 que se extiende continuamente (preferiblemente) a través de dicho conector de nodo, hay diez elementos estructural adicionales que tienen un extremo unido con pasador a dicho conector de nodo, a saber, cuatro puntales centrales 60 que tiene superficies de extremo coincidentes con las superficies del conector de nodo 81 y 82, dos abrazaderas de torsión 92 y un cuerda menor superior 61 que tiene superficies de extremo coincidentes con las superficies 83 del conector, y dos abrazaderas de torsión y un cuerda menor superior 61 que tiene superficies de extremo coincidentes con las superficies de conexión 84. Esa pluralidad de conexiones del elemento estructural a ese conector de nodo ilustra una forma de la versatilidad de los conectores de nodo de acuerdo con esta invención.

La presencia de estabilizadores 100 de soporte de espejo en el bastidor 50 ilustra otra forma de la versatilidad de los conectores de nodo de esta invención, a saber, la capacidad de los conectores de nodo para funcionar como conectores para elementos que son auxiliares, pero que no forman parte del bastidor espacial relevante como tal.

Las figuras 23 y 24 muestran una pluralidad de tubos de soporte de espejo 99, dispuestos en líneas paralelas a lo largo de la longitud del bastidor, ya sea directamente conectados al bastidor 50 o a los clips de U invertida 98 que están conectados al bastidor. Los tubos de soporte de espejo 99 preferiblemente son extrusiones de aluminio con una configuración en sección transversal que incluye un rectángulo o un cuadrado con bridas externas superiores e inferiores. Los tubos de soporte de espejo se ajustan a una línea curva que es, en esencia, la curvatura de la cara inversa del espejo cóncavo 64.

La figura 23 es una vista en planta superior del bastidor 50 con los tubos de soporte de espejo montados en el mismo. La figura 23 es un buen ejemplo de las ventajas de usar elementos extrudidos o pultrusionados de sección transversal constante y longitud indefinida como fuentes para los conectores de nodo de sección transversal especificada, pero de diferentes longitudes. Por ejemplo, en la figura 23 hay cuatro conectores de nodo 75 realizados en cada una de las cuerdas mayores 58 y 59; en cada una de las cuerdas, los conectores de nodo son de tres diferentes longitudes determinadas, principalmente, por el número de otros elementos estructural que están conectados a los mismos.

Un brazo de torsión 65 para el bastidor soporte de espejo 50 se muestra en la figura 25. Estrechamente adyacente a su extremo superior, una gran abertura 102 está formada a través de la placa para su cooperación con un eje de accionamiento del bastidor (no mostrado) que puede pasar a través de esa abertura a un mecanismo adecuado para hacer girar el eje de forma controlable. La placa proporciona un mecanismo para la conexión de un bastidor 50 a este eje de accionamiento para el movimiento del bastidor con el eje. La placa 65 también incluye un orificio más pequeño 103 a través del mismo por debajo de la abertura 102, pero cerca del extremo superior de la placa, para la recepción de un extremo de la cuerda mayor superior central 57 del bastidor. Una pieza transversal 104 puede conectarse al extremo inferior de la placa y para definir un par de orificios a través de los cuales se puede atornillar la placa, por ejemplo, a un accesorio de acoplamiento 94 del bastidor 50.

Tal como se señaló anteriormente, todos los elementos del bastidor (cuerdas mayores, cuerdas menores, puntales, tirantes, abrazaderas de torsión, y otros componentes) y conectores de nodo del bastidor 50 preferiblemente están hechos del mismo tipo de aluminio. Así, todos estos componentes del bastidor se ven igualmente afectados por los cambios de temperatura. Además, todas las conexiones unidas con pasador en el bastidor 50 preferiblemente están definidas por el uso de la técnica pasadores de seguridad de tolerancia cero descrita anteriormente. La fabricación de precisión de los componentes del bastidor 50 para el montaje en el campo, incluyendo el corte de extrusiones a las longitudes deseadas y la perforación (u otras operaciones de formación de orificios) de orificios en esas longitudes de extrusión en posiciones precisas puede facilitarse mediante el uso de plantillas y accesorios de precisión y el uso de prácticas comerciales adecuadas. Como resultado, el bastidor 50 puede construirse con tolerancias muy pequeñas, que producen un soporte muy rígido, relativamente ligero, y e insensible a la temperatura para el espejo 64, que no manifiesta esencialmente ninguna deflexión cuando el bastidor se gira alrededor de su eje de soporte ni experimenta cambios en la manera en que la gravedad actúa sobre el bastidor.

Los expertos en la técnica apreciarán que las configuraciones de la sección transversal de los conectores de nodo que tienen porciones tubulares de retención de las cuerdas, tales como porciones 70 de los conectores de nodo 69, 74, y 75, se pueden variar para definir pasajes que se ajusten a las formas en sección transversal de elementos tubulares no redondos o elementos no tubulares que tienen formas estándar (por ejemplo, canales) o formas personalizadas. Esos trabajadores apreciarán también que las cuerdas transversales, puntales, tirantes, y abrazaderas de torsión pueden ser cuadrados u otros polígonos de lados pares, óvalos con planos, o formas enrolladas que tienen superficies exteriores planas y paralelas.

Los pasadores de seguridad de tolerancia cero descritos anteriormente (véase la figura 11) pueden instalarse, para realizar las conexiones deseadas, ya sea conduciéndolos axialmente en posición a través de los orificios correspondientes en los conectores de nodo y en los elementos estructurales, o girándolos en posición. Si el elemento estructural pertinente tiene sus orificios de recepción de los pasadores formados en porciones con paredes relativamente gruesas del elemento, entonces el pasador de seguridad de tolerancia cero puede instalarse conduciéndolo axialmente, como por martilleo ligero en la cabeza del pasador; el vástago del pasador preferiblemente está lubricado antes de iniciar su instalación. Sin embargo, si el elemento estructural es un tubo de paredes finas; por ejemplo, la conducción de un pasador de seguridad de tolerancia cero en posición a través de esos orificios puede producir la formación de hoyuelos (u otra distorsión permanente no deseada) del elemento estructural en la proximidad de esos orificios. En esa situación, el procedimiento preferido para instalar un pasador de tolerancia cero lubricado es para colocarlo en posición, tal como mediante el uso de una llave acoplada con una cabeza de pasador de seguridad no redonda, mientras se aplica una fuerza axial al pasador. En la última situación, el vástago sin rosca del pasador de seguridad se "auto-enrosca" en su camino en y a través de los orificios del elemento estructural sin causar la formación de hoyuelos u otra distorsión del elemento del bastidor, de manera que pueda reducir la capacidad de transmisión de fuerza del elemento cuando se conecta a su conector de nodo.

Un bastidor espacial, una vez montado, rara vez tiene alguna de sus conexiones desmontada y retirada. La presente invención proporciona la capacidad de desmontar y volver a montar un bastidor espacial que tiene interconexiones usando pasadores de seguridad de tolerancia cero. Un ejemplo de tal bastidor espacial que se puede desmontar es un andamio, y en tales estructuras espaciales (así como en otras) la configuración del pasador de seguridad 110 de tolerancia cero que se muestra en la figura 26 se puede utilizar ventajosamente. El pasador 110 tiene una cabeza no redonda 111 en un extremo de un vástago redondo no roscado 112, de modo que el pasador puede ser accionado o girado para instalarlo en o para quitarlo de una conexión con pasador. En lugar de ser de diámetro constante a lo largo de su longitud (excepto por la presencia de una ranura circunferencial del clip de retención) tal como en el pasador 40 mostrado en la figura 11, el vástago 112 del pasador 110 es de un diámetro no constante. El vástago 112 tiene una porción 113 relativamente corta de un diámetro relativamente grande adyacente a su cabeza 111, y una porción 114 de diámetro relativamente más largo relativamente pequeño a lo largo del resto de su longitud a un extremo distal ahusado 115 del pasador. Una ranura circunferencial 116 del clip de retención está formada en la posición 114 del vástago cerca del extremo distal del vástago. Preferiblemente, las intersecciones de las paredes de la ranura con la superficie cilíndrica del vástago están achaflanadas, como en 117, para hacer más fácil la inserción y la extracción del pasador 110 en y de los elementos estructurales de paredes delgadas. Será evidente que el uso del pasador 110 requiere que los orificios de recepción del pasador en el extremo de un elemento estructural sean de diámetros diferentes, uno que tenga un diámetro igual al diámetro más grande del vástago y otro que tenga un diámetro menor igual al menor diámetro del pasador. La diferencia entre el diámetro mayor y menor del vástago del pasador 112 es preferiblemente ligera (por ejemplo, del orden de 0,015 pulgadas o 40 milímetros aproximadamente), de modo que la capacidad de resistencia a la cizalladura del pasador no se reduce significativamente en su porción de diámetro más pequeño, y así que el área de soporte del pasador para un elemento estructural conectado por el mismo no se reduce significativamente. Una ventaja de pasador 110 es que su porción del vástago de pequeño diámetro no se encuentra con un orificio de recepción de ese diámetro, durante su instalación, hasta aproximadamente el mismo tiempo que la porción de gran diámetro del vástago se encuentra con un orificio de recepción de dicho diámetro mayor. La instalación del pasador para hacer una conexión con pasador es más fácil y más rápida. También, en la retirada del vástago de una conexión unida con pasador de tolerancia cero, ambas porciones del vástago del pasador se libera de sus orificios de recepción sustancialmente al mismo tiempo, haciendo la extracción de los pasador más fácil y más rápida. Un beneficio adicional es que el vástago del pasador y los orificios de recepción del pasador en los elementos estructurales están sometidos a episodios significativamente reducidos de desgaste del pasador y de los orificios, que pueden causar que sus tamaños efectivos cambien cuando las conexiones unidas con pasador se realicen en repetidas ocasiones y se desmonten a lo largo del tiempo. Por lo tanto, los beneficios de las conexiones de unión con pasador de tolerancia cero pueden lograrse durante tiempos más largos en andamios y otros bastidores espaciales que son objeto de desmontaje y montaje.

El peso total de un bastidor espacial de tipo DLG a menudo es un problema de diseño importante, en especial cuando el bastidor es para ser sometido en uso a cargas significativas, estáticas o dinámicas. El uso de elementos estructural de paredes delgadas se sugiere como solución a los problemas de peso. No obstante, cuando los elementos estructurales pueden ser objeto de significativas cargas axiales y las conexiones con pasador son para establecer interconexiones de los elementos estructurales, el uso de elementos estructural de paredes delgadas puede ser problemático y molesto. La razón es que los elementos estructurales tubulares de paredes delgadas, debido a la delgadez de sus paredes, permiten que sólo áreas pequeñas de las secciones transversales del elemento se apoyen contra los pasadores de seguridad, y para la transferencia de cargas axiales en el elemento estructural a un conector de nodo a través de los pasadores de seguridad. Esas pequeñas áreas de soporte significan que las fuerzas axiales en el elemento estructural se concentran en esas pequeñas áreas, ya que se transfieren desde el elemento al pasador de seguridad, y esas tensiones en los elementos son más altas en esas áreas. Esas tensiones pueden alcanzar niveles suficientemente altos que arrugan, desgarran o deforman adversamente el elemento estructural en sus orificios receptores de los pasadores, aumentando así el diámetro efectivo de esos orificios. La ampliación del diámetro de un orificio de recepción del pasador de seguridad en un elemento estructural del bastidor espacial tiene el efecto de cambiar la longitud de trabajo del elemento, y eso significa que el elemento ya no puede soportar o transmitir las cargas que se le aplican en el bastidor espacial. Eso,

a su vez, hace que otros elementos estructurales en el bastidor espacial sean sometido a cargas mayores, que pueden causar que sus orificios de recepción de los pasadores se agranden cuando esos otros elementos estructural se desgarran o se deformen en esos orificios. El resultado puede ser un fallo catastrófico del bastidor espacial. Las figuras 27 y 28 representan una solución al problema de la utilización de tubos de paredes delgadas como elementos estructural en bastidores espaciales de peso reducido.

5

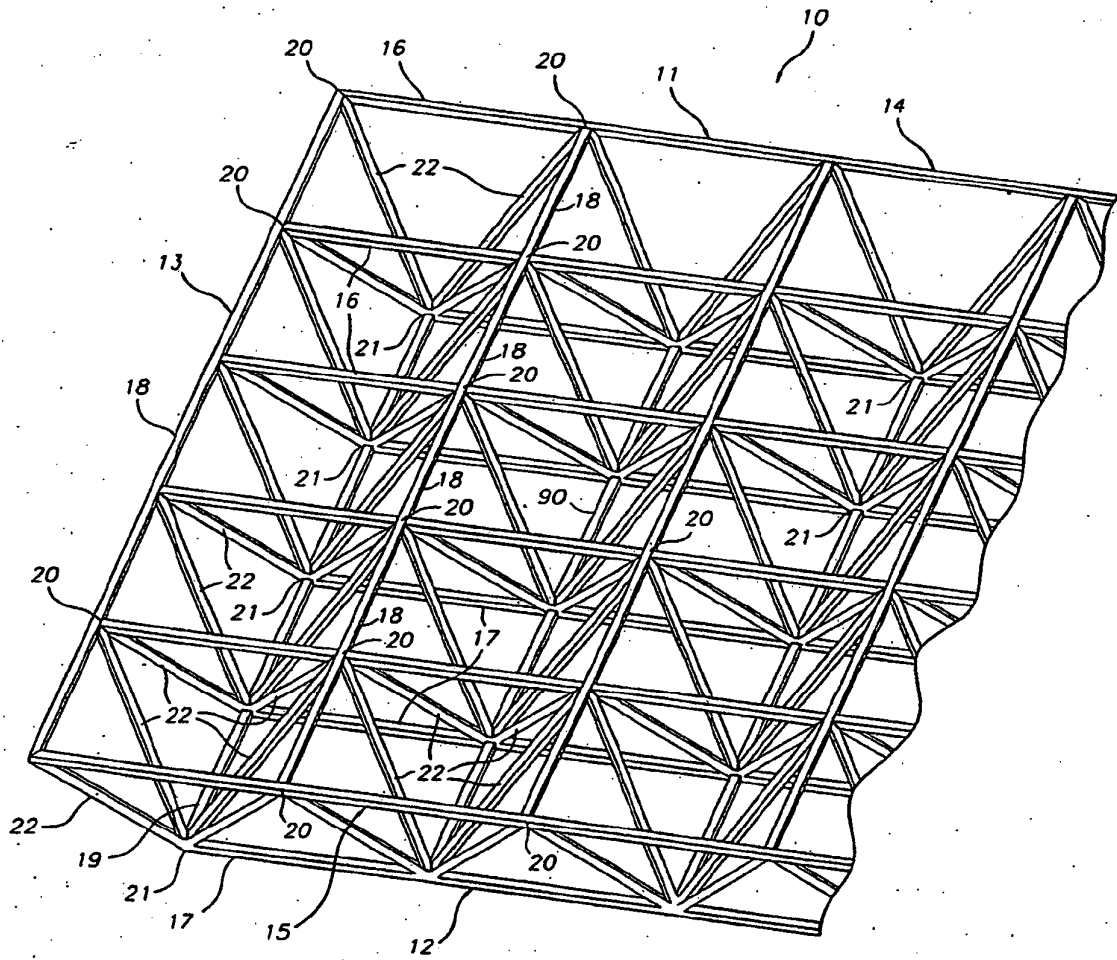
REIVINDICACIONES

- 5 1. Armadura de soporte móvil (50) para un reflector curvado de radiación electromagnética (64), que se define sustancialmente como un bastidor espacial de celosía de doble capa que tiene superficies mayores no paralelas, comprendiendo la armadura una pluralidad de elementos estructural (51, 52, 57, 58, 59) de cuerdas mayores paralelas, teniendo cada uno un eje alargado y dispuesto esencialmente en las superficies mayores del bastidor y que se extienden en paralelo a una extensión alargada del bastidor, incluyendo los elementos de cuerda mayores sólo un par de elementos de cuerda mayores inferiores (51, 52), esencialmente en una parte inferior de las superficies mayores del bastidor y sólo tres elementos de cuerda mayores superiores (57, 58, 59), incluyendo los elementos de cuerda mayores superiores (57, 58, 59) un elemento de cuerda central (57) situado entre dos elementos de cuerda exteriores (58, 59), definiendo los elementos de cuerda superiores dos planos que se cruzan en el elemento de cuerda superior central (57) en un ángulo oblicuo incluido, que es cóncavo alejándose del plano inferior del bastidor, comprendiendo también la armadura estructuras de conector de nodo (69, 74, 75) dispuestas en posiciones separadas a lo largo de cada elemento de cuerda mayor, estando unos elementos de cuerda menores (61) conectados entre nodos correspondientes en elementos de cuerda mayores que definen los respectivos planos mencionados para definir matrices de elementos de cuerda mayores y menores en cada plano, y elementos estructural de puntal (60, 62) interconectados entre nodos en nodos diferentes de los planos.
- 20 2. Armadura de soporte móvil de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada conexión de un elemento estructural a una estructura de nodo (69) es una conexión con pasador en la que hay un ajuste de interferencia sustancialmente entre un elemento de pasador y orificios que cooperan en la estructura de nodos y el elemento estructural en cada conexión.
3. Armadura de soporte móvil de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que la armadura es sustancialmente simétrica alrededor de un plano bisector de dicho ángulo incluido.
- 25 4. Armadura de soporte móvil de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que incluye una pluralidad de elementos de soporte (99) alargados del reflector que se extienden a lo largo de la longitud de la armadura y están montados en los elementos de cuerda menores en los dos planos de intersección, estando dispuestos los elementos de soporte (99) del reflector para definir una superficie curvada correspondiente a la curvatura del reflector.
- 30 5. Armadura de soporte móvil de acuerdo con la reivindicación 4, en la que la armadura incluye elementos de soporte (99) alargados del reflector llevados hacia el exterior de los elementos de cuerda superiores externos en elementos estructurales laterales (100) conectados fijamente a los conectores de nodo (69) dispuestos a lo largo de la los elementos de cuerda superiores exteriores (58, 59).
6. Armadura de soporte móvil de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que también incluye elementos estructural de abrazadera conectados entre nodos no adyacentes en cada matriz.
- 35 7. Armadura de soporte móvil de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que el bastidor lleva accesorios en sus extremos que adaptan el bastidor para su rotación alrededor de un eje paralelo a los elementos de cuerda mayores (58, 59).
8. Armadura de soporte móvil de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que al menos algunos de los elementos de cuerda mayores están definidos mediante tubos y por lo menos algunas de las estructuras de conector de nodo (69) asociadas con esos tubos comprenden extrusiones.
- 40 9. Armadura de soporte móvil de acuerdo con la reivindicación 8, en la que las extrusiones del conector de nodo (69) forman un pasaje (71) en el que se recibe el tubo correspondiente, y mediante una pluralidad de elementos (77) dispuestos paralelos a la longitud del pasaje y al menos dos pares de superficies (78, 79, 80) opuestas separadas paralelas, estando las superficies de cada par separadas de manera equidistante desde un plano central entre las mismas que es paralelo a y cruza sustancialmente el eje neutro del tubo en el pasaje, estando los extremos de los elementos de cuerda menores (53), los elementos estructurales de puntal (60) y cualesquiera elementos estructural de abrazadera conectados a un conector de nodo (69) extrudido dispuestos entre las superficies de una pertinente de los pares de superficies.
- 45 50 10. Armadura de soporte móvil de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que los elementos estructurales de puntal (60, 62) están dispuestos en planos diagonales, cada de los cuales incluye un elemento estructural de cuerda mayor superior (57, 58, 59) y un elemento de cuerda mayor inferior (51, 52) y está orientado en diagonal a las superficies mayores del bastidor, y en la que cada conector de nodo (69, 74, 75) forma un pasaje (71) en el que se recibe el correspondiente elemento de cuerda mayor, definiendo también cada conector de nodo superficies de conexión (78, 79, 80) que son respectivamente paralelas a los correspondientes de los planos en los que están dispuestos los elementos de cuerda menores (61) y los elementos estructurales de puntal (60, 62) que tienen extremos conectados a ese conector de nodo a través de las superficies de conexión.
- 55 11. Armadura de soporte móvil de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 y 10, en la que cada una de las al menos algunas estructuras de conector de nodo (69) está definida por una sola extrusión.

12. Armadura de soporte móvil de acuerdo con la reivindicación 11, en la que al menos uno de los conectores de nodo extrudidos (69) en al menos uno de los elementos de cuerda mayores tubulares tiene una longitud diferente de las otras de las extrusiones de conector de nodo (69) en dicho elemento de cuerda mayor.

5 13. Conjunto reflector móvil, que comprende una armadura de soporte móvil tal como se reivindica en cualquier reivindicación anterior y un reflector de radiación electromagnética (64), siendo un eje de curvatura del reflector sustancialmente paralelo a los ejes alargados de los elementos estructurales de cuerda mayores (51, 52, 57, 58, 59).

FIG. 1



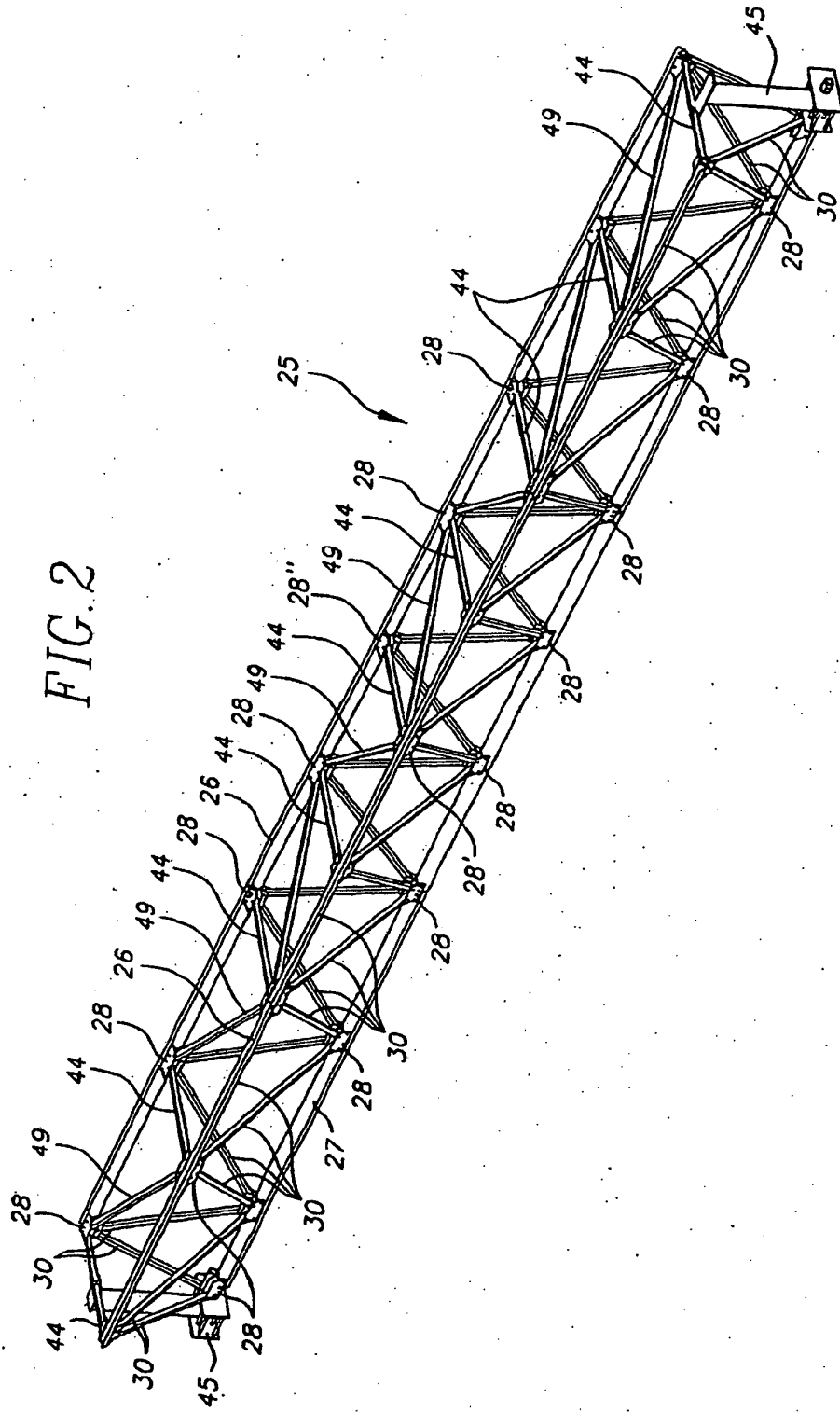


FIG. 3

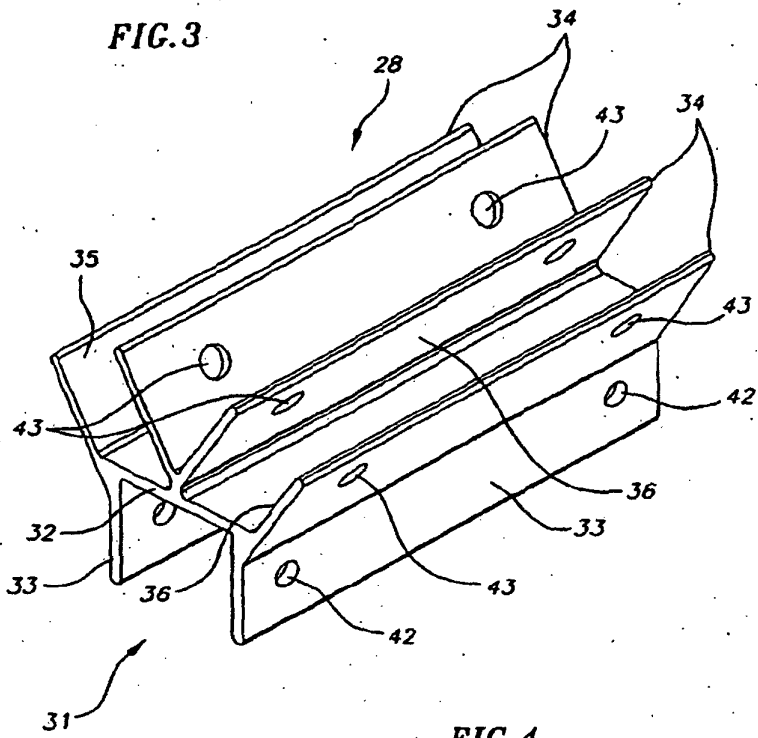


FIG. 4

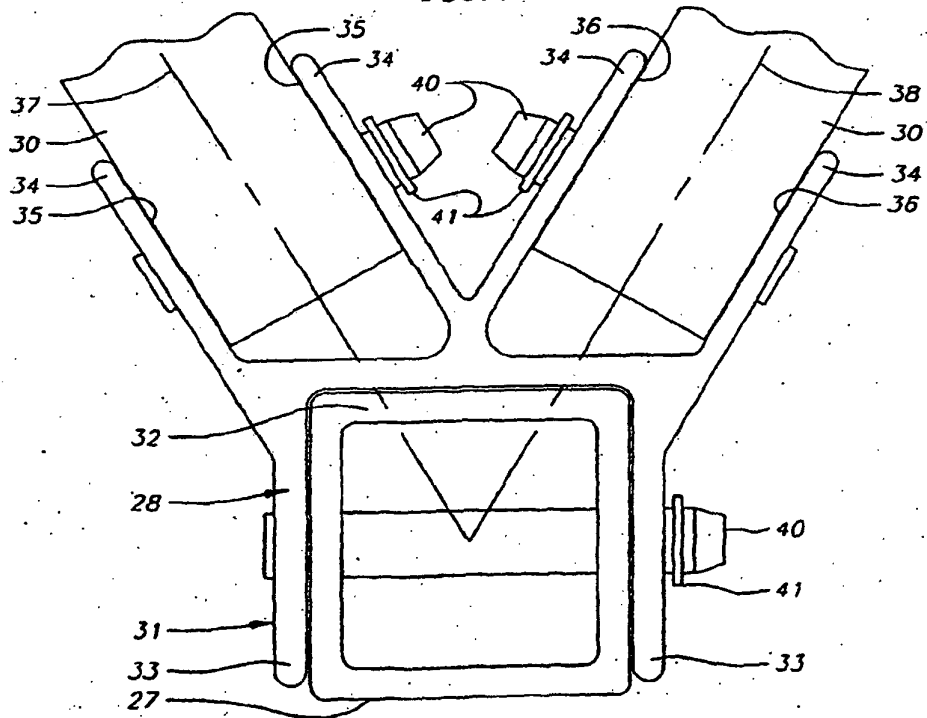


FIG. 5

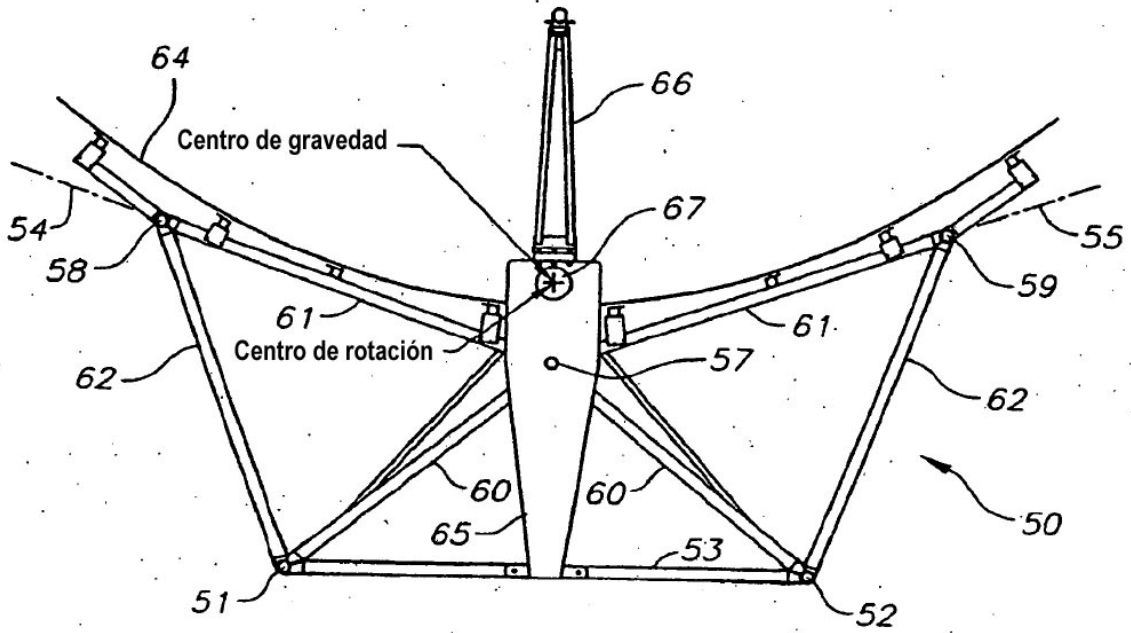


FIG. 6

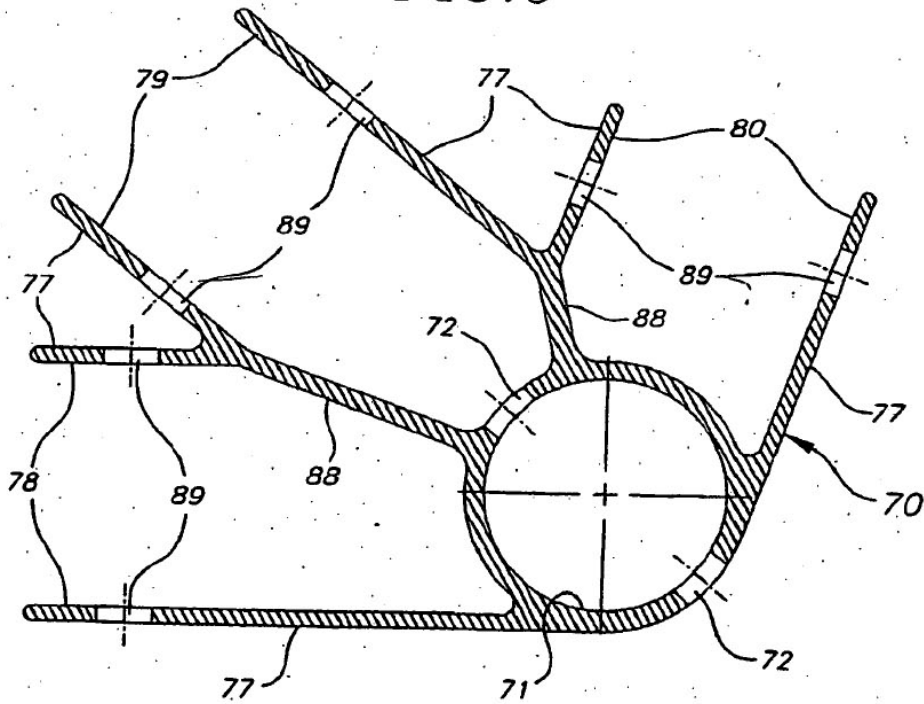


FIG. 9

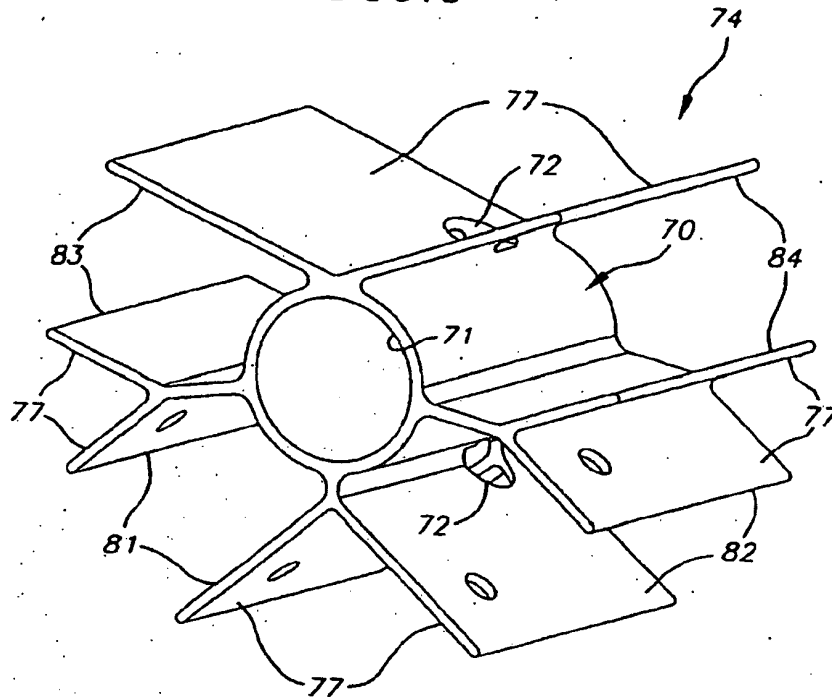


FIG. 10

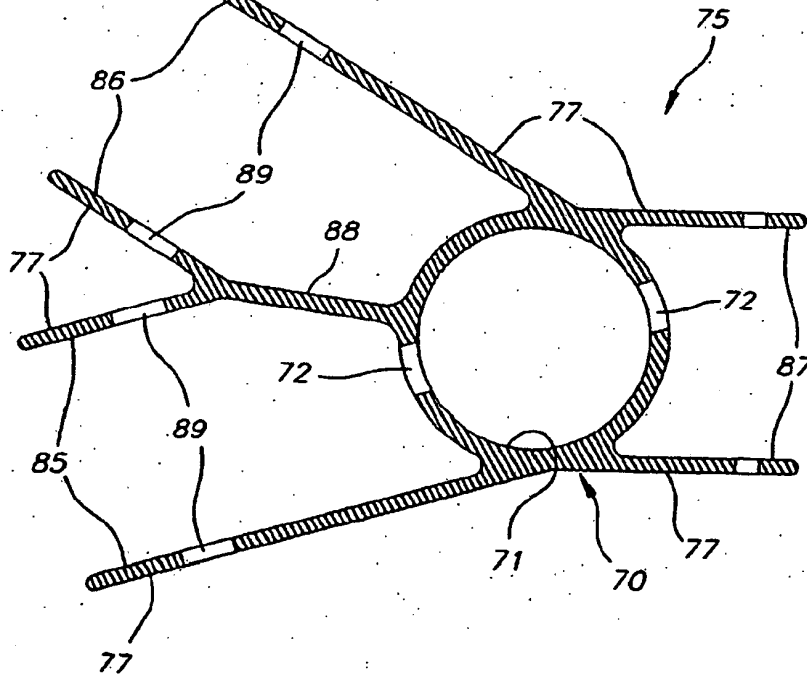


FIG.12

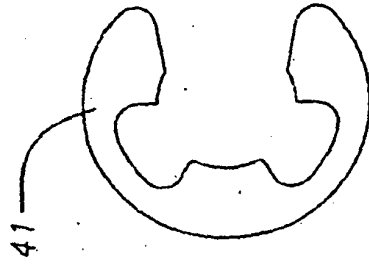
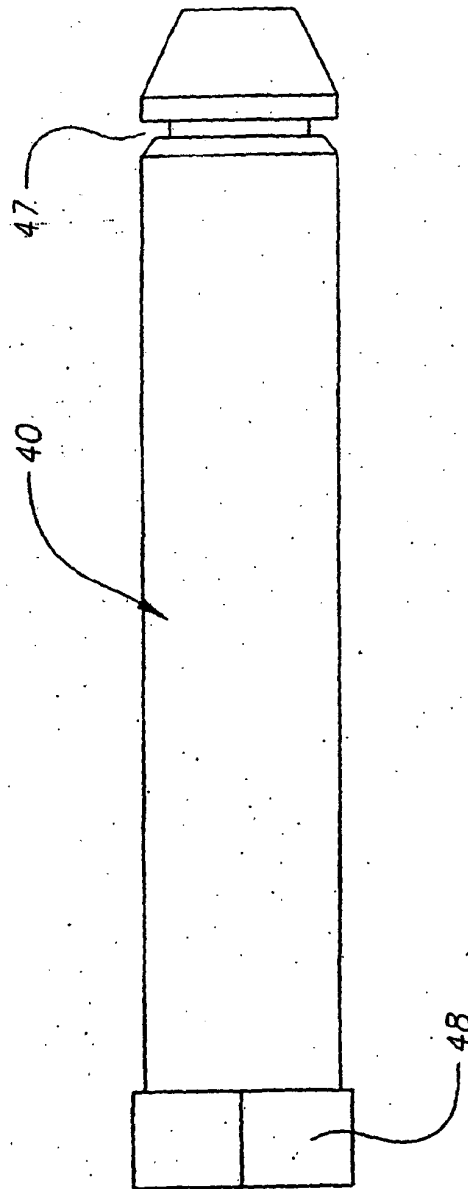
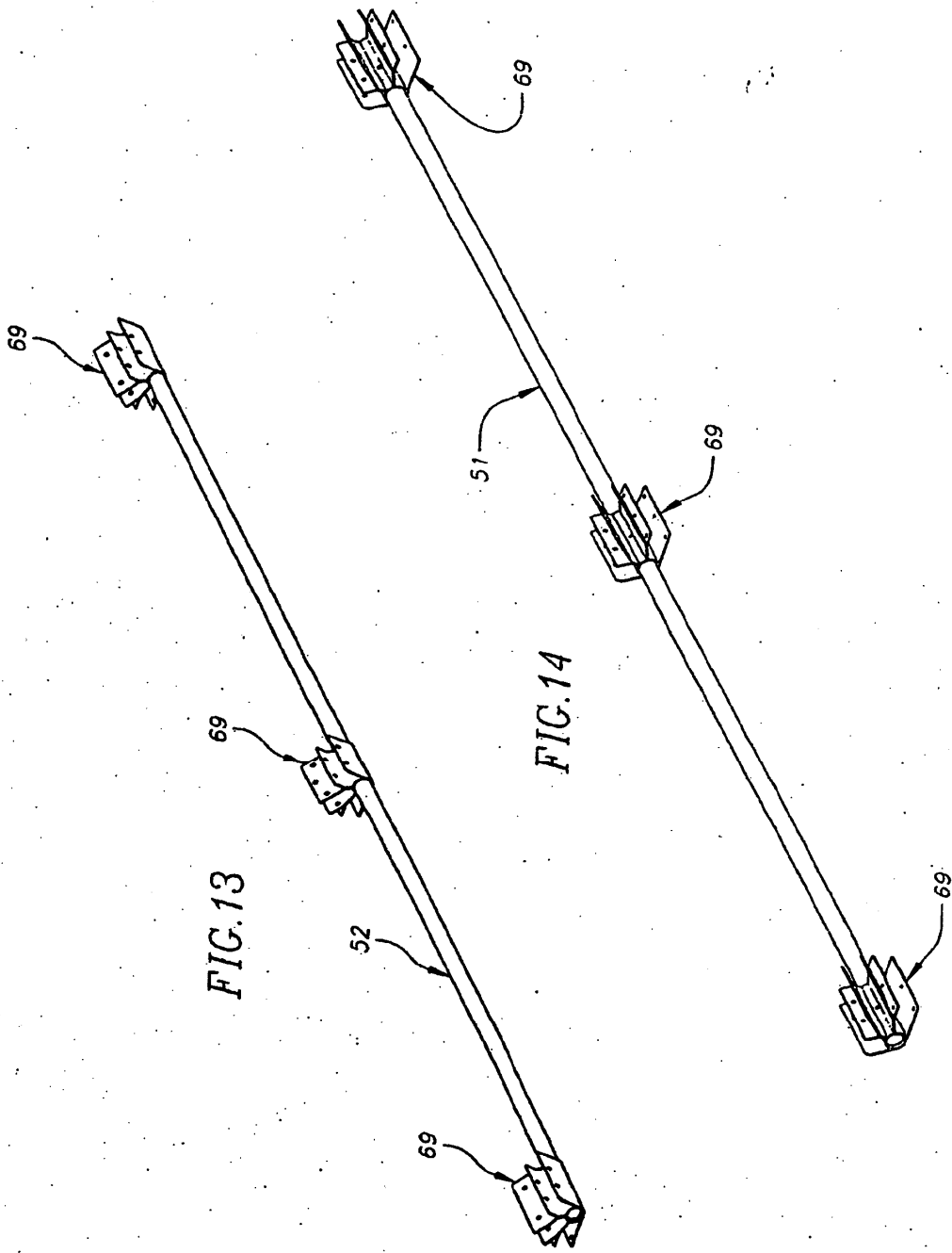


FIG.11





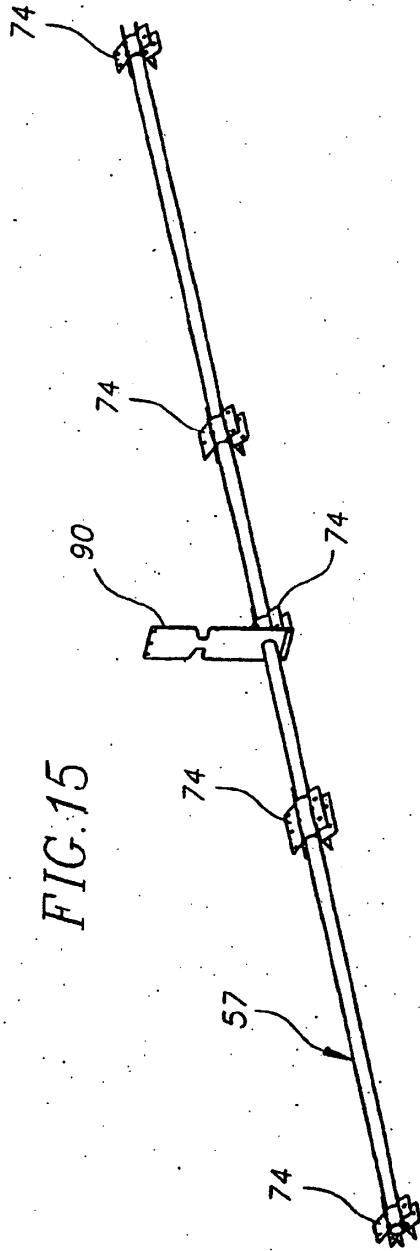


FIG. 15

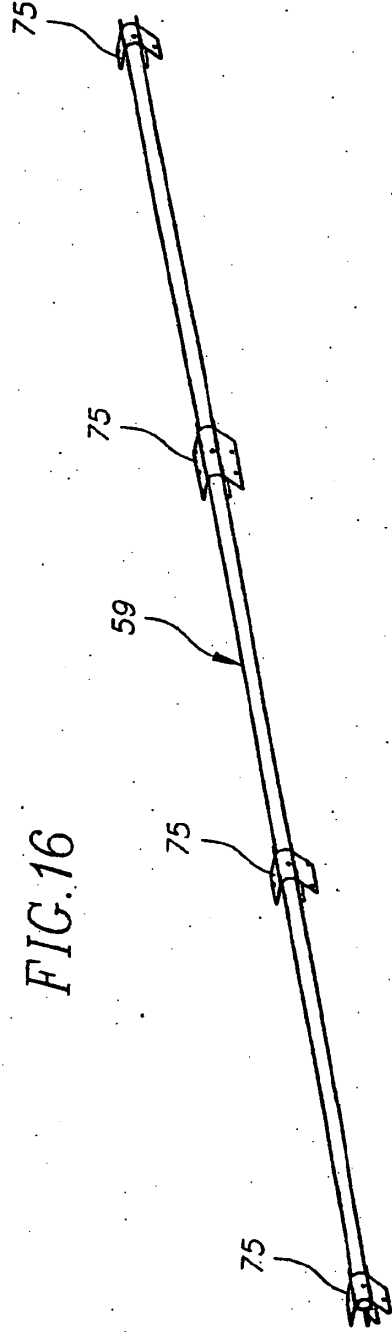


FIG. 16

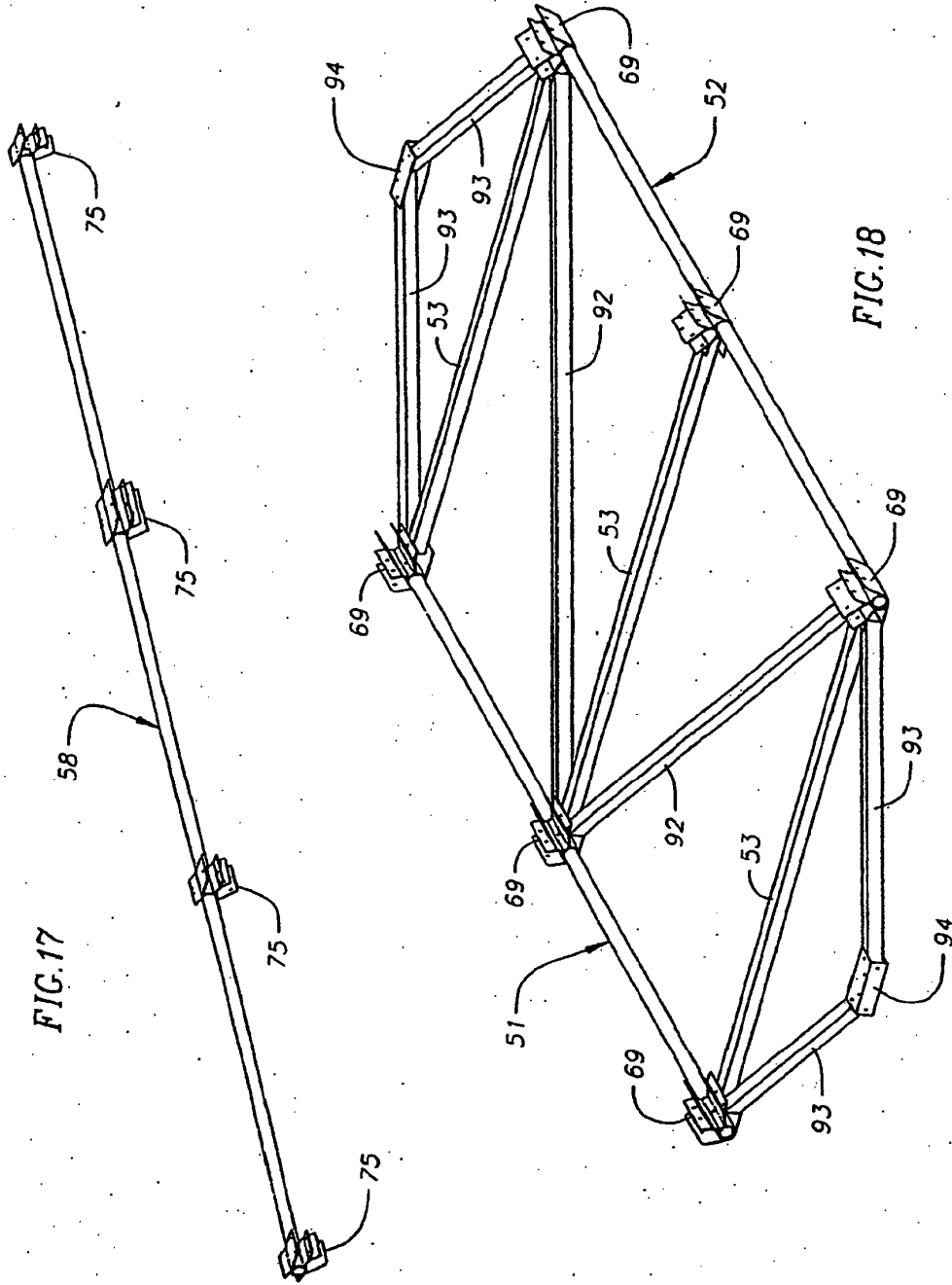


FIG.19

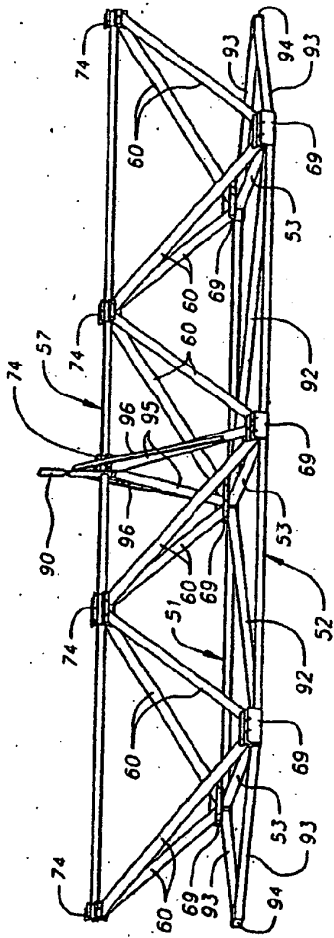
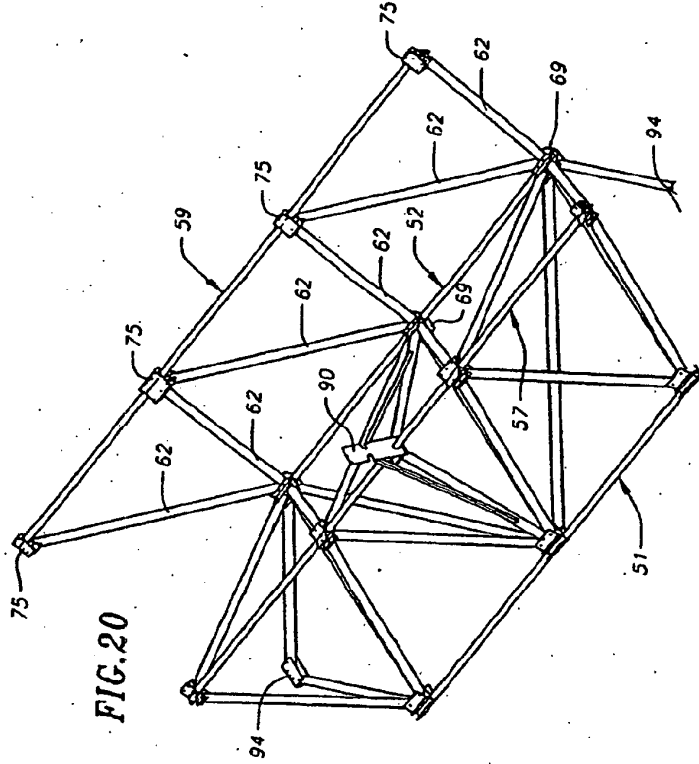


FIG.20



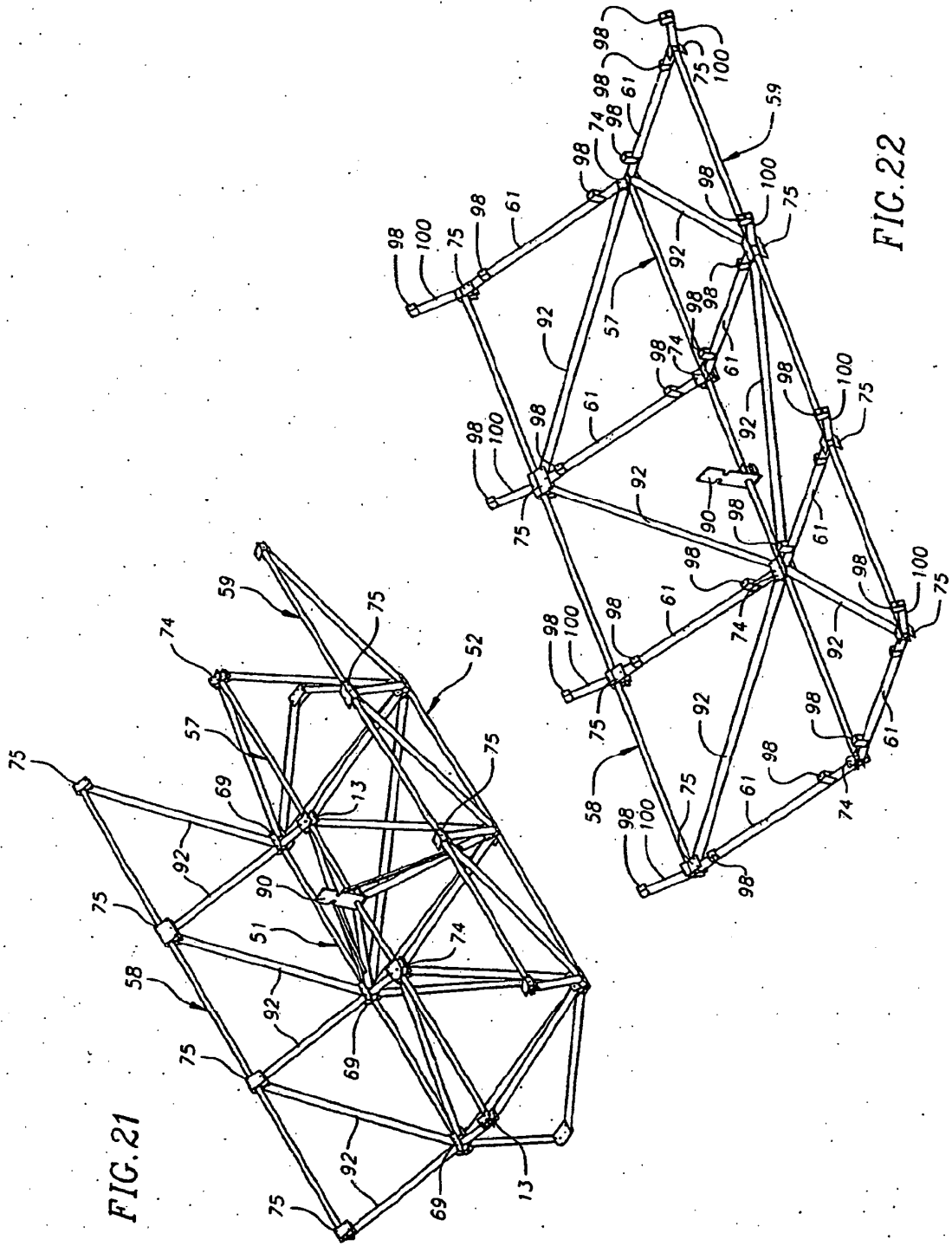


FIG. 23

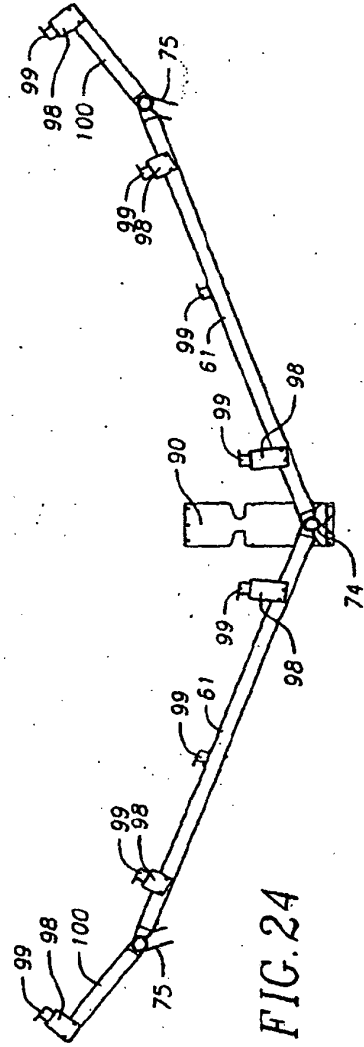
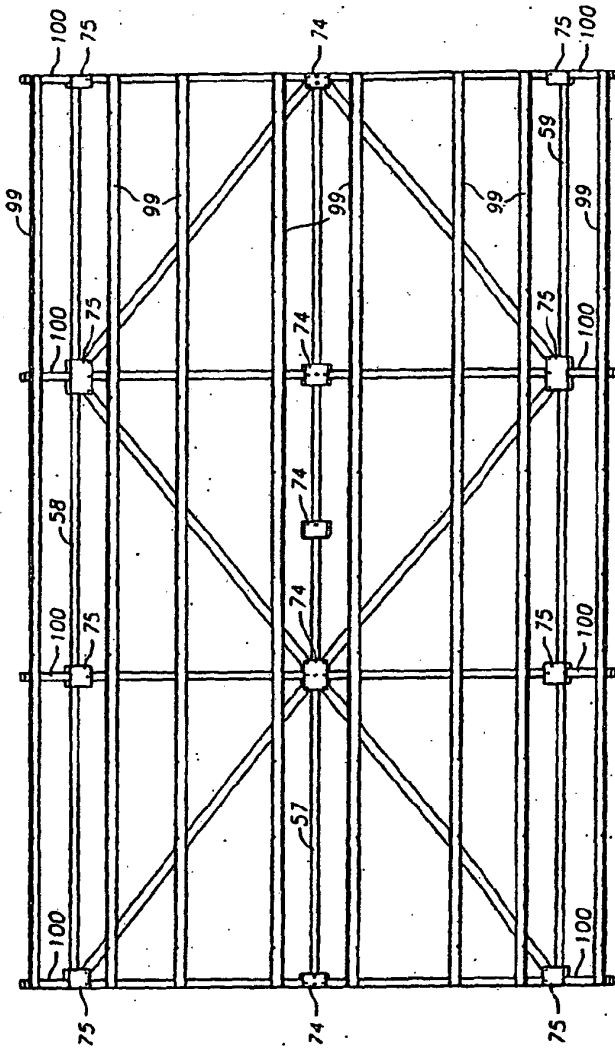


FIG. 24

FIG. 25

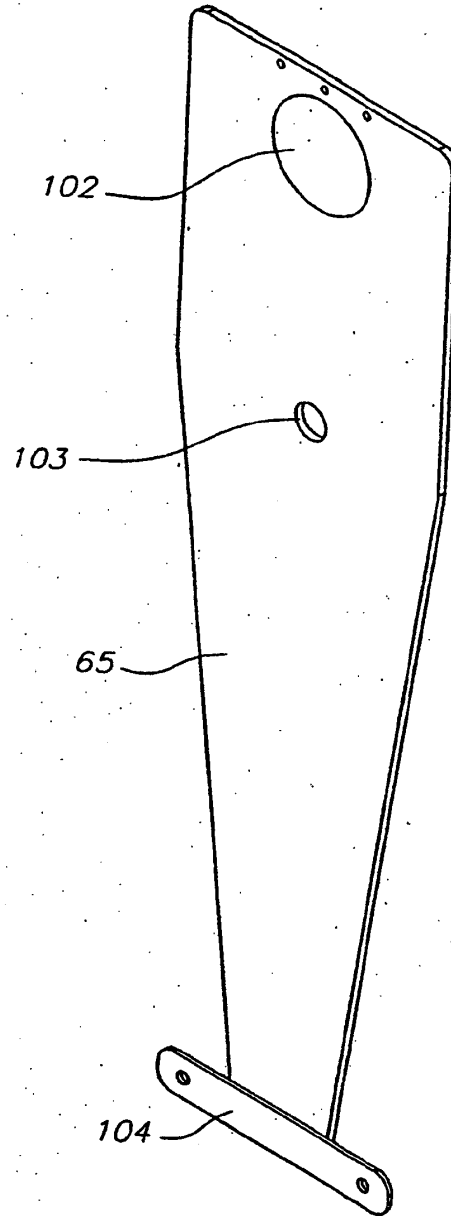


FIG. 26

