

CONJUNTO ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO EN ALTURA A PARTIR DE SUPERFICIES ACTIVAS

SECTOR TECNOLÓGICO DE LA INVENCION

Esta invención está relacionada con conjuntos estructurales y constructivos de rápida implantación basándose para ello en la elaboración de uniones y accesorios que permiten construir antiprismas hexagonales regulares con los cuales se establece y se levanta la estructura constructiva, para la cual todas sus partes llegan al sitio de obra prefabricadas.

ANTECEDENTES

Para el proyecto de diseño de las uniones planteadas, se analizaron la estructura, el material, la prefabricación y los procesos constructivos de varios proyectos preexistentes, como el edificio E3 construido con elementos lineales en madera y nodos en acero (<http://divisare.com/projects/239891-Kaden-Klingbeil-Architekten-E3->), o el sistema cortina que consiste en pantallas y placas de concreto que se despliegan por medio de gatos hidráulicos (Franco, J. T., 2011), con los que se obtuvo cierto tipo de conocimiento específico que aportó al desarrollo del sistema, como la materialidad de las uniones en el caso del edificio E3 y el método de despliegue y de agrupación de los componentes de la estructura en el sistema cortina.

Estos sistemas no están reglamentados en el país, ya que requieren de una adaptación a la normativa vigente (NSR-10). En un principio se incorporaron al diseño algunos referentes de construcción en acero, pues este es el principal material de los componentes del sistema, y tales referentes aportan a la invención desde el punto de vista de la prefabricación de sus elementos y el material de los nodos. Aun así, al finalizar el proceso se optó por otro material para varios elementos del sistema propuesto.

La literatura de patentes registra una buena cantidad de creaciones para el mismo propósito. El resultado de una búsqueda detallada por sistemas o uniones similares permite presentar como las invenciones más próximas a lo aquí reivindicado son las basadas en tijeras y otros sistemas, algunas de las cuales se resumen a continuación.

La patente US4715159 describe un edificio plegable y el método de montaje del mismo, el cual consta de una serie de losas y columnas dispuestas en el suelo de forma horizontal. Las columnas fundamentales se conectan con las losas dispuestas horizontalmente y proporcionan un movimiento de tijera entre las losas y las columnas. Las losas asumen una relación paralela entre sí, al

desplegarse, y los divisores de espacio se agregan posteriormente. También posee un diseño de escalera plegable para conectar las diferentes plantas. Se pueden juntar varios sistemas para tener una mayor capacidad de las construcciones, este sistema es ideal en la construcción de viviendas o sitios de actividades temporales.

La patente EP0288323 presenta una estructura de armazón desplegable ideal para aplicaciones aeroespaciales. La estructura se compone de varios marcos iguales unidos entre sí, cada bastidor está compuesto de elementos lineales, las cuales forman un marco triangular. Cuatro de estos marcos y cuatro miembros de listón con bisagras conforman un cubo, el repliegue de las unidades de marco, unos con los otros, origina la condición replegada. La patente EP0293109 hace referencia a una estructura igual, de similares componentes y del mismo autor, la diferencia está en que, mientras en la primera el polígono base es un cuadrado, en esta última el polígono base es un triángulo.

La patente US8683755 describe la estructura para el despliegue de paneles solares, la cual incluye una o más barras longitudinales elásticas que pueden ser de sección abierta para permitir el alojamiento del laminado en la parte lateral, cuyo laminado es una manta fotovoltaica flexible, la cual está unida a una punta opuesta de la estructura y a una base de soporte lateral. El sistema de panel puede ser guardado de forma simultánea o dividido en rollos independientes.

El sistema propuesto en la patente US8991131 es aplicado a pequeña escala y sus materiales son plásticos, pero sus componentes y diseño pueden funcionar a una escala mayor y las uniones del mismo pueden servir de fundamento para las uniones de sistemas de mayor tamaño. Las uniones de este sistema consisten en elementos cilíndricos puestos en uno de los componentes y entran a presión en otro componente del sistema, esto gracias a la flexibilidad del material. El sistema también cuenta con un tipo de uniones por medio de tornillos. El sistema está compuesto básicamente por elementos lineales flexibles que pueden tomar muchas formas y ensamblarse con otros elementos iguales tomando una gran cantidad de formas tan solo insertando los pequeños cilindros en los agujeros.

La patente US4970841 reivindica un sistema de módulos comprimibles, los cuales poseen pivotes que conectan riostras y permiten el movimiento entre módulos compresos y desplegados. Estas uniones pueden ser removidas y pueden alojar módulos adicionales, creando una estructura tridimensional de mayores proporciones que el módulo mismo. Las uniones son elementos circulares con ranuras en donde encajan las barras, y otras son construidas a partir de elementos planos.

En la patente US4633566 se reivindica una especie de cercha tridimensional, con forma de prisma compuesta por barras y uniones, las cuales sirven para que otros componentes de la estructura pivoteen y permitan el despliegue de estructuras adicionales ubicadas en cada cara. Las uniones poseen una especie de cajas, en las cuales entra un componente que pivota y contiene otro modulo triangular, y así se ensambla sucesivamente hasta tener una estructura prismática que posee en uno de sus extremos tres estructuras adicionales en cada cara que se despliegan hacia afuera.

EL sistema reivindicado en la patente US4334816 es un sistema triangulado reticular conformado por elementos lineales en forma de mástil, conectados por uniones construidas a partir de elementos troquelados, los cuales se ensamblan y forman las uniones. En estas se pueden conectar hasta ocho mástiles. Las mismas poseen chapas adicionales que permiten la vinculación de más barras lo que permite mayor cantidad de formas finales. Varias otras patentes están relacionadas con este sistema, pues en cada una reivindican diferentes componentes del mismo sistema como un elemento de ensamble de la invención, en otra se patentan sólo las uniones. Igualmente, en otra patente se reivindican variaciones a las uniones. En otro documento de patente se reclama la caja para el transporte de las partes entre otras. Este puede ser uno de los sistemas más complejos encontrados, pero la sola unión construida a partir de una chapa metálica es uno de los mejores aportes al sistema reivindicado en el presente documento.

En la solicitud de patente US2003009974 se reivindica un módulo de tensegrity, el cual está compuesto por 3 barras y cables, estos conforman un módulo que puede conectarse con otros módulos y de esta forma crear una red de tensegrity que puede cumplir una función como cubierta. Las uniones de esta estructura presentan la característica de recibir elementos lineales como tubos y cables tensores y resistir las fuerzas de los mismos, están construidas en chapas de acero y unidas a las barras del sistema por medio de pasadores.

El sistema reivindicado en la patente DE3044630 consiste en una serie de platos que se pueden replegar en un reducido espacio, esto con el fin de ser transportado fácilmente al espacio. El diseño de este sistema pretende replegar el sistema en forma de cadena de elementos solidos compuestos por varillas, para las uniones, uno de los elementos lineales posee una terminación que permita el movimiento de los demás componentes, lo que a su vez permite el ensamblado de más módulos permitiendo tener un sistema de un diámetro mayor si se necesita.

La patente US8291781 proporciona un actuador para la reconfiguración de una estructura expansible y reversible. La estructura desplegable incluye un enlace mecánico capaz de transformar entre configuraciones expandida y contraída sin variar su forma. El actuador acoplado a la

estructura proporciona una carga o par de torsión para accionar la transformación, cuya fuerza puede ser dirigida hacia dentro o hacia afuera dependiendo de la dirección de transformación. La fuerza proporcionada por la estructura de despliegue se puede utilizar para llevar a cabo el trabajo de la aplicación en al menos una porción de la distancia recorrida por el perímetro de la estructura de despliegue durante su transformación. En algunos casos, esta estructura es bloqueable para poder soportar cargas estáticas.

Las patentes US4601152, US3830031, y US4878286, reivindican sistemas similares, pues las tres tienen formas prismáticas y están compuestos por barras y conforman estructuras similares a celosía. Además, el uso propuesto para estos sistemas en el caso de la última mencionada es para baja gravedad, las otras dos son para aplicaciones espaciales, lo que las establece en el mismo nicho de uso, la diferencia de estos sistemas radica en el diseño de las uniones, las cuales para algunos casos permiten el movimiento de otros de sus componentes, pero estas se agruparon por la similitud de los sistemas reivindicados.

Las patentes US7533498, US7481235, y las solicitudes de patente US20110252717 y US2013092204, reivindican sistemas similares pues estos están basados o modulados con tijeras, aunque, a diferencia del grupo anterior, estas presentan usos más variados como puentes, cubiertas toldos entre otras, además de manifestar las bondades de ser transportables cuando los sistemas están replegados. Igualmente, los sistemas se modulan con elementos lineales y poseen uniones que funcionan como articulaciones, unas pivotantes para las tijeras y otras para los extremos de las barras, que permiten la conexión entre módulos y con esto la construcción de redes. En algunos casos, las propuestas son auto portantes. Las uniones en estos sistemas, aunque se construyen de formas similares, no se parecen entre si y mucho menos a las uniones del sistema propuesto en el presente documento.

En las anteriores patentes se puede ver una gran cantidad de aplicaciones de sistemas desplegados aplicados a una variedad de usos desde cubiertas, pasando por edificios desplegables, carpas, domos hasta aplicaciones aeroespaciales, muchas de las cuales están conformadas por tijeras y por otros sistemas pivotantes, lo cual difiere del sistema que se reivindica en la presente, pues para las tijeras es necesario la implementación de unas guías cuando la red es plana o tridimensional, además la aplicación de la fuerza para el despliegue debe ser en varios puntos y las partes diseñadas de acuerdo a los puntos donde se tendrán los mayores esfuerzos, el movimiento de despliegue también es diferente, pues las tijeras poseen un movimiento lineal.

El conjunto presentado no posee una estructura basada en tijeras sino en barras que pivotan en unas uniones, además el movimiento de las caras en el despliegue presenta una rotación de unas con las otras en el eje de la mediatriz del hexágono. El conjunto presente, posee una forma rápida de conformación de la estructura, el izaje de la misma se puede realizar muy rápidamente, pues los procesos de fabricación de las piezas se realizan en taller, donde se puede tener un mejor control de calidad y de esta forma llegan al sitio de la obra prefabricadas.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LA INVENCION

La invención consiste en un conjunto estructural y constructivo basado en antiprismas hexagonales regulares donde los vértices y el centro de los hexágonos están constituidos por uniones y accesorios que conforman el conjunto y facilitan su movilización.

El conjunto está compuesto por vigas (Figura 5) que conforman el diafragma, por las uniones (Figura 1 y 2) que conectan las vigas para soportar el entrepiso y soportar los machos (Figura 3 y 4) conformando de esta forma el “subconjunto hexágono” (Figura 7 y 8), a los cuales se unen las barras (Figura 6) por medio de pasadores, que trabajan en el momento del despliegue del conjunto (Figura 9), estos machos deberán poder rotar en su eje, permitiendo el movimiento de la estructura en el despliegue y repliegue.

Todos los componentes están contruidos en acero maquinado y soldado para conformar las piezas, en las uniones para las vigas. Estas se conforman por medio de la unión de perfiles rectangulares de acero y las barras, similar a las vigas. La diferencia es que los perfiles son circulares y las terminaciones diferentes, pues mientras las vigas estarán estáticas, las barras deberán rotar en sus extremos que están conectados a los machos.

Los componentes conforman módulos, los cuales, dependiendo de algunas condiciones como el terreno o el cálculo de los materiales y la dimensión de los componentes, se pueden sobreponer uno a uno con lo que tendríamos una estructura con varias plantas, lo que amplía el uso arquitectónico de la misma.

DESCRIPCION DE FIGURAS

La Figura 1 presenta el nodo central vista lateral (A), vista superior (B), vista en isométrico (C) del entrepiso denominado “NC”, en el cual se anclan las vigas que sostienen el entrepiso. La figura 1 muestra el detalle de la cajuela (101) donde se introduce la viga y los orificios pasantes (102) para los tornillos con que se asegura.

En la Figura 2 se despliega el nodo perimetral llamado “NV” vista lateral (A), vista superior (B), vista en isométrico (C), elemento principal del conjunto puesto que a él se unen todos los elementos lineales del conjunto. Tienen cajuelas (103) donde reciben las vigas que conforman el diafragma, las vigas que vienen de la unión central, y en ese mismo nodo se montan los machos en sus respectivas guías (104), los cuales deben rotar en esta misma unión para permitir el movimiento.

En la Figura 3 se detalla el macho con agujero denominado “MA” vista superior (A), vista lateral (B), vista en isométrico (C). Esta pieza se ensambla junto con la unión perimetral (104, Figura 2), y soporta las barras que tienen una participación pasiva en el despliegue. Se detalla en la figura el orificio pasante (105) para el pasador de fijación.

La Figura 4 presenta el macho con barra “MB” vista superior (A), vista lateral (B), vista en isométrico (C). Esta pieza se ensambla con la barra que permite el despliegue el orificio pasante (106), para lo cual se ubica en un elemento que lo desplaza sobre una de las vigas que se unen a la unión central.

La Figura 5 muestra las vigas “V” con sus respectivos agujeros pasantes de fijación (107) al nodo central (NC, Figura 1) y a los nodos perimetrales (NV, Figura 2) respectivamente y que van en número de 24 por cada antiprisma, pues cumplen dos funciones: una, conformar el diafragma rígido de la estructura, y la otra, unir los vértices con el centro y conformar el entrepiso. Para los dos hexágonos se emplea el mismo diseño del elemento, cuando el conjunto posee 2 plantas o más, el hexágono de la cara de arriba funciona como el de la cara de abajo del siguiente modulo.

La Figura 6 exhibe las barras denominadas “B”. Mediante este componente se unen dos diafragmas o ensambles, además se unen a los machos mediante agujeros pasantes (108) permitiendo el movimiento del despliegue.

En la Figura 7 se detalla la secuencia de ensamble recomendada para el entrepiso o “subconjunto hexágono”. En la figura 7 A se muestran las primeras tres vigas unidas al nodo central. En la figura 7 B se presentan todas las seis vigas unidas al nodo central. En la figura 7 C se muestran las uniones perimetrales ya unidas al nodo central mediante las vigas. La Figura 7 D muestra la fijación de las primeras tres vigas de diafragma sobre los nodos perimetrales. La figura 7 E despliega el entrepiso completo una vez ensamblado. Y la figura 7 F indica la forma en que se ubican las barras de despliegue.

En la Figura 8 se presenta el plano conformado por las vigas y las uniones como fruto del ensamble, al que se ha llamado el “subconjunto hexágono”, y que se unirá por medio de las barras a otro igual para conformar el antiprisma y ser desplegado.

En la Figura 9 se presenta la secuencia de despliegue del conjunto así: 9.1. Armado de entrepiso; 9.2. Modulo completo replegado; 9.3. Despliegue inicial; 9.4. Despliegue; 9.5. Finalización del despliegue; 9.6. Estabilización del conjunto.

La Figura 10 propone un conjunto de torres construidas con los módulos unidos por un punto construido en una estructura diferente.

La Figura 11 presenta tres módulos superpuestos y desplegados.

DESCRIPCION DETALLADA DE INVENCION

Para alcanzar los resultados que se reivindican en esta invención se siguió un procedimiento experimental que permitió alcanzar resultados satisfactorios en tiempos aceptables. El primer paso fue el tratar de establecer cómo serían las uniones considerando la experiencia de propuestas anteriores.

Para llegar al diseño final de las uniones, se realizó un proceso de investigación en el cual se probaron diferentes tipos de conjuntos estructurales para obtener un movimiento de despliegue vertical. Inicialmente se comenzó trabajando con plegados de papel que mostraran el tipo de estructura que se quería, iniciando con el patrón de pliegues triangulado Yoshimura. Para ello se realizaron varios modelos de plegados en papel con varios polígonos, comprobando las características del patrón y buscando la funcionalidad y aplicabilidad del mismo. En las comprobaciones se pudo apreciar el despliegue de una plegadura vertical basada en un hexágono, en la cual se puede observar la rotación a medida que el conjunto es desplegado.

El uso de otros polígonos diferentes del hexágono aportaría otras implicaciones como la altura útil. Es decir, si tomamos polígonos del mismo lado, tendremos una altura menor entre cada anillo, con lo cual, se tendría más área útil por piso, pero una menor altura. Por esta razón, se usaron varios anillos para poder tener una altura útil en la que se pudiera plantear un proyecto arquitectónico.

La última comprobación realizada con el patrón *Yoshimura* consistió en la vectorización de la estructura vertical basada en el hexágono. En ésta, se reemplazaron los pliegues por barras y se construyeron hexágonos que representarían las placas de entrepiso. Con estas comprobaciones se determinó el volumen que tendría el conjunto replegado, además de la complejidad de las uniones

en las cuales se deben vincular cuatro barras móviles y dos vigas de conformación de entrepiso. Además, al desplegarse, se evidenció la dificultad para mantener el conjunto desplegado, para lo cual se requería una estructura adicional o elementos similares a parales para poder mantener el conjunto erguido.

Finalmente, se identificaron una serie de condicionantes que llevaron a explorar modificaciones en el conjunto: la inserción de la barra larga al interior que suponía una pérdida de área útil, la pérdida de altura al tener un polígono de más lados, la necesidad de una estructura externa para poder mantener el conjunto desplegado y el diseño de una unión más compleja.

La respuesta se originó en la modificación de la barra más larga. Partiendo de la conformación de las estructuras a partir de planos, la transformación de los pliegues en elementos lineales da como resultado la composición de formas a partir de vectores. Estos elementos son los que estructuralmente trabajarán en el modelo real, convirtiendo la composición de planos en un conjunto de vector activo.

Para enmarcar un sistema de barras dentro de uno de vector activo se deben tener varias condiciones presentes: Elementos rectos (barras); Triangulación; Nodos articulados; Cargas aplicadas en los nodos; Barras con trabajo a compresión y/o tracción. Debido a esta serie de condiciones con el patrón *Yoshimura*, muy usado en plegaduras extensivas como en cubiertas, pero poco aplicado en una estructura vertical como un edificio, se vio la necesidad de realizar algunas modificaciones. La más significativa, el reemplazo de la barra de mayor longitud, lo que cambia la configuración del conjunto significativamente, formando un antiprisma de módulo, sobre una base hexagonal y triángulos equiláteros en las caras uniendo los vértices.

Este cambio en el conjunto limita su movilidad, debiendo ser pre ensamblado, lo que orienta gran parte del proyecto a la prefabricación de sus componentes. Pero, gracias a estos cambios, se tiene un mejor aprovechamiento del espacio interior de los módulos y una estructura auto sostenible, estable y triangulada basada en elementos equiláteros, con transmisión de cargas hacia los apoyos, más eficiente y sin necesidad de estructuras externas para la estabilización.

También, por medio de estos cambios se logra mayor simplicidad en los componentes estructurales del conjunto, pues se puede lograr homogeneidad en muchos de ellos, teniendo solo dos tipos de uniones básicas. Con el cambio de las barras, la geometría de todo el conjunto cambia en gran medida, pasando de una superficie compuesta por rombos divididos en dos triángulos isósceles a una compuesta por triángulos equiláteros.

Este cambio supone, no solo una estabilidad formal de la estructura sin necesidad de elementos adicionales, sino el mejor aprovechamiento del espacio interior del módulo, ya que los otros conjuntos presentan la inserción de elementos estructurales al interior de sus áreas útiles. Esta inserción es crítica en el conjunto basado en el patrón *Yoshimura*, pues se perdía casi el 50% del espacio útil, mientras que en el conjunto basado en el antiprisma el área de pérdida es menor al 7%. También, gracias a este cambio en la barra, se tiene una cara triangulada compuesta por elementos equiláteros, los cuales, a diferencia de los isósceles, reparten las cargas uniformemente entre las dos barras adyacentes y no una repartición asimétrica.

Otro de los cambios más significativos se dio en el diseño de las uniones, pues estos elementos tienen también un ángulo igual a las dos barras que llegan a cada unión por cada cara, en lugar de dos ángulos diferentes, lo que facilita la construcción de estos dispositivos.

La relación del área útil con el área de influencia de la estructura varía notoriamente. Si tuviéramos un hexágono con arista 3,5m., tendríamos un área de 31,82m². En el patrón *Yoshimura* tendríamos un área útil de 14,7m², correspondiente al 46,2 % del área del polígono, mientras que con el conjunto basado en el antiprisma tendríamos un área útil de 29,6m² correspondientes al 93,1% del área. Con esto se demuestra que, en relación con el área, el segundo conjunto es más eficiente.

Para que el conjunto sea viable, se calcula el índice de área útil, dividiendo el área del polígono base sobre el área útil, el cual debe tender a 1. Al alejarse de 1 es más ineficiente. En conclusión, el cambio que se dio respecto a la barra fue beneficioso para el proyecto, pues con esto las barras que componen el conjunto pasan a portarlo en sí, sin elementos adicionales, además de un mejor aprovechamiento del espacio interior del conjunto, sin olvidar un diseño más eficiente de las uniones.

Para el diseño de los elementos móviles se consideraron principios mecánicos con los cuales, inicialmente, se determina qué tipo de movimiento de elementos rígidos efectuará el conjunto para su despliegue. Posteriormente, se identifica qué tipo de desplazamiento tendrán los componentes de estos, de forma que se puede saber que componentes mecánicos permiten el desplazamiento de los elementos. Para determinar dichos movimientos, la investigación se basó en la clasificación de movimientos de elementos rígidos realizada por Schumacher, Schaeffer, y Vogt (2010). Para el caso de la estructura que se propone, los elementos deben proporcionar dos tipos de movimiento, uno de traslación y otro de rotación, cada uno de estos se considera un movimiento simple, pero al juntar los dos tipos de movimiento en un solo elemento, tendremos un movimiento compuesto o complejo.

Esta combinación de movimientos trae consigo el que el desplazamiento del elemento sea en tres dimensiones.

En resumen, el movimiento será la sumatoria de dos conceptos mecánicos según la clasificación de Schumacher, Schaeffer y Vogt (2010) presentándose rotación y traslación. Los elementos que componen el conjunto fueron diseñados uno a uno teniendo en cuenta la relación de unos con otros y su trabajo en conjunto. También se consideró el material en que se deberían elaborar estos elementos, pues de las características de los materiales depende que la estructura del conjunto perdure en el tiempo.

El conjunto lo conforman tres grupos de componentes: uno de elementos no móviles; uno de elementos móviles; y, uno de uniones; en ellos se incluyen los componentes que permiten el ensamble del sistema estático y los del despliegue del conjunto por medio de las barras. Cada grupo aporta un determinado número de piezas para conformar un módulo.

Las uniones son los componentes más importantes en el conjunto pues de estas depende el despliegue y la estabilidad de la estructura. Estas se han diseñado en metal, a diferencia de los demás componentes, pues poseen unos requerimientos estructurales ante los cuales los metales responden más eficientemente en relación con otros materiales. En la propuesta tenemos dos tipos de uniones: una denominada *Nodo de Vértice*, la cual es la unión que recibe los elementos que se despliegan, y los que estabilizan el conjunto; y, la unión de centro denominada *Nodo Central*, que se ubica en el centro del polígono, recibiendo las vigas de triangulación que parten de las uniones.

Nodo central (2 por modulo)

El nodo central llamado “NC” (Figura 1) es el que recibe las vigas de conformación del plano de entrespado de todos los vértices, este nodo debe asumir una gran cantidad de fuerzas de uso sin deformarse, pues está en el centro geométrico del hexágono, en el espacio libre. Este elemento es el más voluminoso entre las uniones, pues debe recibir las seis barras, para lo cual posee unas aletas (101) con perforaciones en dos líneas (102) para evitar la rotación de las vigas. Inicialmente, este elemento se planteó con una serie de perforaciones y una discontinuidad en las caras, esto con el fin de poder realizar instalaciones para los espacios que contuviera el módulo. Estos espacios se suprimieron, ante la evidencia mecánica de que la pieza funciona mejor si se tiene confinada, es decir, con todas las caras llenas y con un espesor de pared adecuado.

Diseño final del nodo de vértice (12 por modulo)

Denominado “NV” Con los cambios antes mencionados, finalmente se alcanzó un diseño de unión (Figura 2) que cumple una doble función: en el despliegue y la estabilización. Además, se logró un diseño más simple. Igualmente, debe poseer las mismas características del nodo central con sus respectivas cajuelas (103) y debe soportar los cuatro machos en sus respectivas guías (104) en caso de estar el hexágono entre módulos o dos en caso de ser hexágono de extremo que sostienen las barras del despliegue (Figura 9), de los cuales tres están constantemente integrados a la unión en el despliegue (Figura 3) y el cuarto (Figura 4) es el que se desliza sobre la viga de centro con ayuda de un elemento adicional que no se integrará a la estructura. Estas uniones, cuando se ubican en los extremos del conjunto, solo tendrán dos barras de despliegue (Figura 6) y una cara plana, la cual se unirá a la cimentación o a la cubierta que se tenga. Las uniones perimetrales denominadas “NV” (Figura 2) deben tener una articulación que permita el despliegue del conjunto. Las barras (Figura 6) se desplegarán con ayuda de un elemento adicional que no se integrará a la estructura para que la unión pueda rotar en su eje y permita la rotación de un extremo de la barra. Estos elementos se vincularán con un pasador, cuyo dimensionamiento dependerá de las fuerzas cortantes que actúan en él.

Machos o soportes de barras (21 machos agujero y 3 macho barra por modulo)

Estas piezas (Figuras 3 y 4), junto con las uniones (Figuras 1 y 2) son de suma importancia para el conjunto, ya que son las que asumirán las fuerzas que converjan en el conjunto en uso y deberán permitir el despliegue del mismo. Los soportes son de dos tipos: una denominada machos agujero “MA” que se ubican en todos los nodos de vértices “NV” y otra denominada machos de barra “MB”, que son los que se deslizarán por las vigas alternas que conectan los “NC” con los “NV”.

Barras (12 por modulo)

Las barras denominadas “B” (Figura 6), al igual que los demás componentes, han tenido cambios a lo largo del proceso inventivo. Se consideraron diferentes diseños de estas, desde unas que se movían a lo largo de rieles o canales y se probaron hasta tres tipos diferentes de estos elementos. También se han introducido cambios en la forma como se unen las barras a los machos, dependiendo siempre del diseño de este último componente. Estos cambios obedecen directamente al diseño del movimiento del conjunto. Para la propuesta final, se tienen todas las barras (Figura 6) iguales y vinculadas al despliegue desde el inicio (Figura 7). Estas barras, al igual que las demás piezas deben soportar todas las fuerzas que convergen en el uso del conjunto, por lo cual se pensó en tener un elemento compuesto, es decir, elementos de un material más resistente en los extremos, ya que estos deben soportar unas fuerzas adicionales en el despliegue y en su funcionamiento

estático, los cuales se convierten en cortantes para los pasadores con el macho. Además, deberán soportar las cargas que pueda tener la estructura, resultantes de fuerzas dinámicas como viento o sismo. Estos elementos se unen a un fuste o barra que dará la longitud y que soportará las demás cargas. Este elemento es un perfil tubular redondo (Figura 6) o tubo de petróleo, el cual se une a los elementos hembra por medio de soldadura. Se unen a los machos por medio de seguros en los orificios pasantes (105, Figura 3; 106, Figura 4; 108 Figura 6)

Vigas (24 por modulo)

Las vigas llamadas “V” (Figura 5) son elementos lineales de conexión. A partir de estos elementos se desarrollarán los entresijos que componen los planos poligonales o hexagonales del proyecto. Estos elementos son de gran importancia dentro del conjunto, ya que de su material dependen las luces que se puedan vencer y el lograr una mayor o menor altura, dependiendo del uso y de las condiciones contempladas en la *NSR-10*. Se unen a los nodos (NC Figura 1 y NV Figura 2) por medio de tornillos en los orificios pasantes (102, Figura 1; 107, Figura 5)

EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA INVENCION

Armado del subconjunto hexágono (2 por modulo)

El subconjunto hexágono (Figura 7 y 8) está conformado por todos los componentes del conjunto a excepción de las barras. Conformando los componentes horizontales del módulo o las tapas del antiprisma y la estructura del entresijo del conjunto, esta es la zona en donde se desarrollaran las actividades del uso que asuma la estructura. En los vértices de este subconjunto, es donde se encuentran las uniones en las cuales se posaran los machos, y en estos se unirán las barras, es decir, en los vértices por medio de las uniones se conectarán elementos lineales verticales y horizontales. De los vértices parten elementos lineales adicionales que se conectan en el nodo central, lo que genera una triangulación en el subconjunto y con esto la facilidad de instalar pisos que permitan el uso de la estructura. Para armar el subconjunto hexágono, es necesario tener la cantidad determinada en las descripciones de cada pieza, las cuales deberán llegar prefabricadas al punto de la obra. Inicialmente, se ubica el nodo central “NC” y se empiezan a ubicar las vigas “V”, las cuales se aseguran con pernos a la unión; al tener ubicadas las 6 vigas, se comienza a ubicar los nodos de los vértices “NV” en los extremos de las vigas y de igual forma se aseguran con pasadores; al tener todos los “NV” en sus sitios se ubican las “V” faltantes, seis en total que conformaran el diafragma rígido, o la “V” de borde del entresijo, estas igualmente se aseguran con pernos; de esta forma ya se tiene armado toda la estructura del entresijo y con ello comenzamos a montar los machos, macho

agujero “MA”, que se ubican en todos los nodos de vértices y en la parte baja de los mismos en el subconjunto de la cara alta del antiprisma; y, los machos de barra “MB”, que son los que se deslizan por las vigas alternas que conectan los “NC” con los “NV”, estos son de suma importancia en la estructura, ya que son los que permiten el despliegue del conjunto.

Uniones entre elementos

En las uniones entre el conjunto, es decir, entre vigas, uniones, barras y machos, se emplean elementos como pernos o pasadores, los cuales deberán estar normalizados según las *ASTM* y homologados o aprobados por la *NSR-10*. Las uniones entre vigas y elementos de unión se realizan por medio de pernos, pues estos elementos poseen unas características estructurales que suplen las requeridas por la estructura, además de un buen trabajo a cortante.

Las aplicaciones del conjunto pueden ser muy diversas, pues al tener una planta libre puede contener cualquier actividad en su interior, desde viviendas hasta oficinas. Es posible igualmente, aumentar el área de uso de una de las unidades para lo cual se puede plantear la vinculación de torres del conjunto propuesto (Figura 11). Para cumplir requerimientos específicos de la norma, es posible disponer varias torres adosadas a un punto fijo independiente, construido en un material que también puede ser distinto al de la estructura propuesta, como se ilustra en la *Figura 10*, caso para el cual funcionaría como circulación vertical, con foso de ascensor y ductos para las instalaciones requeridas para el funcionamiento y, de esta forma, responder a las condiciones de la *NSR-10*, referentes al tema de la evacuación en caso de incendio u otro tipo de emergencia.

La estructura reivindicada en el presente documento, al poseer unos elementos portantes verticales lineales que se encuentran en la fachada permite tener una planta libre, con lo cual se podría tener una amplia gama de usos para el conjunto ya que no posee elementos verticales en medio del área útil. La limitante podría llegar a ser el área neta de cada módulo, la cual es directamente proporcional al lado del polígono base, al incrementar el lado, aumenta el área útil y la altura del conjunto. Para el uso del conjunto también se plantearon algunos componentes adicionales como escalera y cubiertas, no reivindicadas en el presente, un ejemplo de estos componentes es el de la figura 11, que consiste en una escalera liviana adosada a los elementos estructurales del conjunto.

Otra alternativa de uso para ampliar el área es la unión de módulos y la conexión de los mismos por medio de estructuras adicionales, para lo cual el ejemplo de la figura 10 ilustra cómo sería tener dos torres compuestas con módulos prismáticos, en donde estos están uno sobre otro y se conectan por medio de un punto fijo elaborado en un conjunto estructural de pórticos y en el que se puede alojar

la circulación vertical, escaleras de emergencia y ductos de instalaciones. Esta estructura puede tener una aplicación arquitectónica diversa, desde vivienda multifamiliar, pasando por oficinas o pequeñas plantas industriales, o por su facilidad de despliegue se podrían emplear como tiendas de campaña o albergues temporales en eventos catastróficos. La estructura propuesta puede tener el uso que se necesite, teniendo en cuenta que puede ser una estructura permanente de fácil izaje o una de uso temporal que puede ser fácilmente desmontable y transportable.