

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

TITULO: ESTRUCTURA DE MARCOS ESPACIALES

RESUMEN

El objeto de la invención presentada consiste en una estructura de marcos espaciales, con la capacidad de resistir cargas, conformada por barras y nodos que se interconectan. La novedad de la invención radica en el empleo de una geometría por primera vez aplicada al sistema de marcos espaciales. La geometría es obtenida de retomar la forma en que se organizan las aristas generadas por las películas de jabón al interior de un cubo, conocido también como hexaedro, esta geometría es aplicada a la organización de las barras de la estructura. La geometría aplicada al diseño de la estructura de marcos espaciales presentada, proporciona la capacidad de resistir cargas; la estructura es rígida ante la aplicación de cargas estáticas y dinámicas; no sufre grandes deformaciones ni grandes desplazamientos; y emplea menor cantidad de material que otras tipologías de marcos espaciales.

SECTOR TECNOLÓGICO

La invención presentada pertenece al campo de las estructuras de marcos espaciales, las cuales se componen por barras interconectadas en los extremos por medio de nodos. Los marcos espaciales son estructuras hiperestáticas con la capacidad de resistir cargas; las fuerzas son aplicadas en los nodos y transmitidas hacia los apoyos por descomposición vectorial a través de los elementos, los cuales trabajan alternadamente ante los esfuerzos de tracción y compresión. Los marcos espaciales conforman figuras geométricas que se repiten; se emplean como estructuras de edificaciones, en columnas, muros, placas, cubiertas y fachadas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Las estructuras de marcos espaciales han sido ampliamente utilizadas en la construcción de obras civiles y edificaciones, generalmente fabricadas con materiales metálicos, como el acero, el aluminio y aleaciones. Los marcos espaciales constituyen un sistema estructural versátil que permite la construcción de diversos tipos de estructuras, se dividen en: planos, como las cerchas; espaciales, de simple pared y doble pared; espaciales planos; y espaciales curvos, como las cúpulas geodésicas, por ejemplo. Los marcos espaciales conforman redes en el espacio a partir de la repetición de figuras geométricas, algunas de las más utilizadas son tetraedros, octaedros y pirámides entre otros. La versatilidad de las estructuras también se ve reflejada en la variedad de tipologías de nodos que existen para los marcos espaciales, tales como rotulas, chapas, pernos, esferas, horquillas, tornillos, pasadores, piezas ensamblables y soldaduras, entre otros.

Los marcos espaciales se consideran estructuras hiperestáticas, que poseen un buen desempeño ante cargas estáticas y fuerzas sísmicas, además poseen bajo peso con respecto a su capacidad estructural. Los nodos de los marcos espaciales se deben diseñar como uniones articuladas, evitando que se generen esfuerzos de flexión y torsión, sin embargo en la construcción de las estructuras no suele cumplirse esta condición, así que en muchos casos las uniones se construyen con nodos rígidos.

Los desarrollos de estructuras de marcos espaciales se enfocan en dos ámbitos, por un lado, en el diseño de la configuración geométrica de las barras, y por otro lado, en el diseño de las uniones. Actualmente los adelantos en esta materia, se han dado en el diseño de nuevas tipologías de nodos, dejando de lado la exploración de nuevas geometrías.

Referentes de Patentes

Uno de los referentes es el sistema Molecule con la patente No. US006378265, del inventor Matías Konstandt, es un sistema de unión que permite el ensamble manual de barras, conformando estructuras de marcos espaciales, compuestas por figuras de pirámides. Las barras se encastran en sus extremos a los nodos, que están compuestos por tres piezas atornilladas. El sistema permite generar todos los elementos estructurales que componen una edificación. El sistema fue aplicado a la construcción de una casa en Buenos Aires, denominada la casa Molecule.

El Sistema Bambutec con la patente No. 2004094842, del inventor Ulrich Wallner, es un sistema de nodos para realizar la unión estructuras de marcos espaciales compuestas por de barras de bambú. Los nodos son elementos macizos de madera, generalmente con forma cubica, que poseen perforaciones para la introducción de los extremos de las barras. Las perforaciones de los nodos son de dos tipos, la primera en forma de anillo para sujetar el borde circular de las barras y la segunda perforación se ubica en el centro geométrico de la primera, y consiste en un orificio para sujetar el perno que poseen las barras en los extremos.

El Sistema connector for variable-curvature spaceframe structural system con la patente No. US5626434A del inventor, Robert W. Cook, es un sistema de nodos que permite la unión de barras en estructuras de marcos espaciales. Los nodos con forma semiesférica están conformados por tres discos unidos por medio de un tornillo. Los nodos poseen perforaciones que permiten la fijación de los extremos de las barras, estos orificios permiten cierto movimiento a las barras generando así uniones articuladas. Las barras son tubulares, con piezas cónicas en los extremos y terminaciones en forma esférica.

Referentes de Proyectos de Construcción

La estructura de una vivienda de emergencia desarrollada Ecuador en el año 2009, por los diseñadores, Germán Navarrete y Ángel Jácome, es un conjunto de marcos espaciales compuesto por barras y nodos que se organizan formando figuras piramidales. La estructura se caracteriza por poseer bajo peso y por la rapidez del montaje, adicionalmente tiene la posibilidad de ser armada y desarmada para su traslado de lugar.

El proyecto de construcción Centro Acuático de Pekín del año 2008, a cargo de los diseñadores, PTW Achitects, posee una estructura a gran escala, compuesta por barras y nodos. Las barras se distribuyen en el espacio conformando uniones que imitan las conexiones que poseen los elementos en la estructura Weaire Phelan. Los espacios entre las barras fueron cubiertos con películas de material EFTE, imitando el comportamiento y apariencia de las películas de jabón. Otra de las aplicaciones de las estructuras de marcos espaciales se aprecia en el proyecto Mediateca de Sendai

del año 2001, del arquitecto Toyo Ito, que posee una estructura compuesta por columnas con forma tubular formadas por retículas de barras de acero.

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es la aplicación de una nueva geometría en marcos espaciales, la cual provee propiedades de optimización a las estructuras, proporcionando una alta capacidad de resistencia a cargas, empleando menor cantidad de material en comparación con otras geometrías tradicionalmente aplicadas.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

La invención presentada consiste en una estructura rígida de marcos espaciales, con la capacidad de resistir cargas, conformada por barras y nodos que se interconectan. La novedad de la invención consiste en el empleo de una geometría por primera vez aplicada en marcos espaciales. La geometría es obtenida de retomar la forma en que se organizan las aristas generadas por las películas de jabón al interior de un cubo, conocido también como hexaedro, esta geometría es aplicada a la organización de las barras de la estructura.

La geometría de la estructura de marcos espaciales se basa en la configuración más sencilla que adoptan las películas de jabón al interior de la figura del cubo, la cual se compone por una película de forma cuadrada, ocho películas de forma trapezoidal, cuatro aristas que forman un cuadrado, y ocho aristas que se organizan en posición diagonal con respecto a las aristas del cubo.

Las películas de jabón son superficies de área mínima que poseen propiedades de eficiencia por naturaleza; adoptan formas optimizando la cantidad de material, por lo cual la aplicación de la geometría derivada de las aristas de las películas de jabón del cubo, en la configuración de las barras de la estructura de marcos espaciales presentada, provee propiedades de eficiencia, proporcionando ahorro de material y disminución en el peso.

La estructura de marcos espaciales se conforma por una unidad mínima cuyo conjunto de elementos (barras y nodos interconectados) posee la capacidad de resistir cargas, la cual se denomina módulo básico. La estructura de marcos espaciales crece a partir de la repetición del módulo básico sobre los ejes X, Y y Z, con la posibilidad de generar estructuras tales como columnas, estructuras para muros, vigas, estructuras para placas y estructuras para cubiertas.

Los grupos de elementos que conforman la estructura de marcos espaciales son los siguientes.

- Barras perimetrales (3): barras que confinan a la estructura; en un módulo básico conforman una figura de cubo y corresponden a 12 elementos.
- Barras con posición diagonal (2): ocho barras que establecen la conexión entre las barras del interior con las barras perimetrales; se pueden agrupar en conjuntos de a dos barras conformando así tan solo cuatro piezas.
- Barras interiores (1): cuatro barras que conforman una figura cuadrada ubicada en el centro geométrico del módulo básico.
- Nodos articulados (4) (5) (6): nodos que poseen 6 grados de libertad, permitiendo los movimientos de rotación y traslación en el espacio; en ellos se reúnen los extremos de las barras hacia la zona perimetral del módulo básico.

- Nodos rígidos: nodos que no poseen grados de libertad; en ellos se reúnen los extremos de las barras hacia la zona interior del módulo básico.

Las barras de la estructura poseen las siguientes dimensiones: la longitud de las barras perimetrales (3) corresponde a $L=1$; la longitud de las barras con posición diagonal (2) corresponde a $0,75L$, y pueden variar en un rango entre $0,6L$ y $0,8L$; y la longitud de las barras del marco central (1) corresponde a $0,2L$, y pueden variar en un rango entre $0,1L$ y $0,8L$. En caso de que la estructura soporte cargas livianas, las barras perimetrales (3) podrán ser sustituidas por tensores.

Las barras de la estructura poseen los siguientes ángulos entre elementos: las barras interiores (1) poseen ángulos de 90° entre sí y pueden llegar a variar en un rango entre 40° a 140° ; las barras perimetrales (3) de confinamiento de la estructura poseen ángulos de 90° entre sí; las barras con posición diagonal (2) poseen ángulos de 83° entre sí y pueden llegar a variar en un rango entre 88° a 170° ; el ángulo formado entre las barras interiores (1) y las barras con posición diagonal (2) es de 122° , y puede llegar a variar en un rango entre 95° a 160° ; y el ángulo formado entre las barras perimetrales (3) y las barras con posición diagonal (2) es de 56° , y puede llegar a variar en un rango entre 48° a 62° . Los ángulos entre las barras pueden llegar a variar, conservando la forma y configuración de los elementos.

Las barras de la estructura son perfiles tubulares que se ensamblan en uniones generadas con nodos. Las uniones empleadas en los nodos pueden ser por soldadura, por piezas atornilladas o pernadas, por ensambles de piezas, o cualquier tipo de unión para nodos, siempre que cumpla con la función correspondiente de restringir o permitir el movimiento. Los elementos de la estructura podrán ser fabricados con los siguientes tipos de materiales: materiales metálicos, como aluminio, acero o aleaciones; materiales de fibras vegetales, como la madera y el bambú; y materiales sintéticos, como los polímeros y las resinas.

Ventajas técnicas

- La geometría implementada en la estructura de marcos espaciales proporciona la capacidad de resistir cargas; la estructura se mantiene rígida y emplea secciones esbeltas.
- La aplicación de nodos rígidos y articulados de forma simultánea, permite leves movimientos y rotaciones, por lo cual se presentan esfuerzos mínimos de torsión sin sufrir grandes deformaciones.
- La estructura es rígida ante la aplicación de cargas verticales y horizontales, no sufre grandes deformaciones ni grandes desplazamientos, al mismo tiempo que emplea menor cantidad de material que otras tipologías de marcos espaciales, tales como la celosía Long, la celosía Warren, y la celosía Warren compuesta, entre otras.
- Las piezas pueden ser prefabricadas proporcionando los beneficios de la estandarización como lo es la precisión de los elementos, la facilidad de transportación y la rapidez del montaje en obra.
- Los espacios al interior de la estructura de marcos espaciales son aprovechables para la incorporación de tuberías y sistemas de instalaciones.
- Las piezas prefabricadas pueden ser armadas y desarmadas fácilmente de forma manual.

REALIZACION PREFERIDA

En la realización preferida de la estructura de marcos espaciales, los elementos del sistema deben ser piezas prefabricadas que se ensamblan manualmente con la posibilidad de que la estructura pueda ser desarmada y armada nuevamente en otros lugares. Adicionalmente las cargas deben ser aplicadas en los nodos de la estructura.

Los elementos (1) corresponden a las barras del interior y se organizan conformando un cuadrado. Los elementos (2) corresponden a las barras con posición diagonal; para su fabricación se agrupan en grupos compuestos por un número de dos unidades de las barras (2). Los elementos (3) corresponden a las barras de confinamiento de la estructura y se ubican perimetralmente. Los elementos (4) conforman nodos articulados que reúnen tres extremos (10) de las barras (3) y un extremo (11) de las barras (2). Los elementos (5) conforman nodos articulados que reúnen dos extremos (10) de las barras (3) y dos extremos (11) de las barras (2). Los elementos (6) conforman nodos articulados que reúnen cuatro extremos (11) de las barras (2). Para realizar la unión de ocho extremos (11) de las barras (2) se deben emplear dos nodos (6) unidos.

Los extremos atornillables (9) de las barras (2) se deben unir a los orificios roscados (8) del cuadrado conformado por las barras interiores (1), para generar las uniones empotradas. En los nodos (4) se deben encastrar las terminaciones esféricas (10 y 11); las piezas (4' y 4'') se deben encajar en la pieza (4) y se deben fijar con tornillos (7). En los nodos (5) se deben encastrar las terminaciones esféricas (10 y 11); la pieza (5') se debe encajar en la pieza (5) y se debe fijar con tornillo (7). En los nodos (6) se deben encastrar las terminaciones esféricas (11); la pieza (6') se debe encajar en la pieza (6) y se debe fijar con tornillo (7). Las terminaciones esféricas encastradas en los orificios de los nodos generan uniones articuladas.

-

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

TITULO: ESTRUCTURA DE MARCOS ESPACIALES

RESUMEN

El objeto de la invención presentada consiste en una estructura de marcos espaciales, con la capacidad de resistir cargas, conformada por barras y nodos que se interconectan. La novedad de la invención radica en el empleo de una geometría por primera vez aplicada al sistema de marcos espaciales. La geometría es obtenida de retomar la forma en que se organizan las aristas generadas por las películas de jabón al interior de un cubo, conocido también como hexaedro, esta geometría es aplicada a la organización de las barras de la estructura. La geometría aplicada al diseño de la estructura de marcos espaciales presentada, proporciona la capacidad de resistir cargas; la estructura es rígida ante la aplicación de cargas estáticas y dinámicas; no sufre grandes deformaciones ni grandes desplazamientos; y emplea menor cantidad de material que otras tipologías de marcos espaciales.

SECTOR TECNOLÓGICO

La invención presentada pertenece al campo de las estructuras de marcos espaciales, las cuales se componen por barras interconectadas en los extremos por medio de nodos. Los marcos espaciales son estructuras hiperestáticas con la capacidad de resistir cargas; las fuerzas son aplicadas en los nodos y transmitidas hacia los apoyos por descomposición vectorial a través de los elementos, los cuales trabajan alternadamente ante los esfuerzos de tracción y compresión. Los marcos espaciales conforman figuras geométricas que se repiten; se emplean como estructuras de edificaciones, en columnas, muros, placas, cubiertas y fachadas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Las estructuras de marcos espaciales han sido ampliamente utilizadas en la construcción de obras civiles y edificaciones, generalmente fabricadas con materiales metálicos, como el acero, el aluminio y aleaciones. Los marcos espaciales constituyen un sistema estructural versátil que permite la construcción de diversos tipos de estructuras, se dividen en: planos, como las cerchas; espaciales, de simple pared y doble pared; espaciales planos; y espaciales curvos, como las cúpulas geodésicas, por ejemplo. Los marcos espaciales conforman redes en el espacio a partir de la repetición de figuras geométricas, algunas de las más utilizadas son tetraedros, octaedros y pirámides entre otros. La versatilidad de las estructuras también se ve reflejada en la variedad de tipologías de nodos que existen para los marcos espaciales, tales como rotulas, chapas, pernos, esferas, horquillas, tornillos, pasadores, piezas ensamblables y soldaduras, entre otros.

Los marcos espaciales se consideran estructuras hiperestáticas, que poseen un buen desempeño ante cargas estáticas y fuerzas sísmicas, además poseen bajo peso con respecto a su capacidad estructural. Los nodos de los marcos espaciales se deben diseñar como uniones articuladas, evitando que se generen esfuerzos de flexión y torsión, sin embargo en la construcción de las estructuras no suele cumplirse esta condición, así que en muchos casos las uniones se construyen con nodos rígidos.

Los desarrollos de estructuras de marcos espaciales se enfocan en dos ámbitos, por un lado, en el diseño de la configuración geométrica de las barras, y por otro lado, en el diseño de las uniones. Actualmente los adelantos en esta materia, se han dado en el diseño de nuevas tipologías de nodos, dejando de lado la exploración de nuevas geometrías.

Referentes de Patentes

Uno de los referentes es el sistema Molecule con la patente No. US006378265, del inventor Matías Konstandt, es un sistema de unión que permite el ensamble manual de barras, conformando estructuras de marcos espaciales, compuestas por figuras de pirámides. Las barras se encastran en sus extremos a los nodos, que están compuestos por tres piezas atornilladas. El sistema permite generar todos los elementos estructurales que componen una edificación. El sistema fue aplicado a la construcción de una casa en Buenos Aires, denominada la casa Molecule.

El Sistema Bambutec con la patente No. 2004094842, del inventor Ulrich Wallner, es un sistema de nodos para realizar la unión estructuras de marcos espaciales compuestas por de barras de bambú. Los nodos son elementos macizos de madera, generalmente con forma cubica, que poseen perforaciones para la introducción de los extremos de las barras. Las perforaciones de los nodos son de dos tipos, la primera en forma de anillo para sujetar el borde circular de las barras y la segunda perforación se ubica en el centro geométrico de la primera, y consiste en un orificio para sujetar el perno que poseen las barras en los extremos.

El Sistema connector for variable-curvature spaceframe structural system con la patente No. US5626434A del inventor, Robert W. Cook, es un sistema de nodos que permite la unión de barras en estructuras de marcos espaciales. Los nodos con forma semiesférica están conformados por tres discos unidos por medio de un tornillo. Los nodos poseen perforaciones que permiten la fijación de los extremos de las barras, estos orificios permiten cierto movimiento a las barras generando así uniones articuladas. Las barras son tubulares, con piezas cónicas en los extremos y terminaciones en forma esférica.

Referentes de Proyectos de Construcción

La estructura de una vivienda de emergencia desarrollada Ecuador en el año 2009, por los diseñadores, Germán Navarrete y Ángel Jácome, es un conjunto de marcos espaciales compuesto por barras y nodos que se organizan formando figuras piramidales. La estructura se caracteriza por poseer bajo peso y por la rapidez del montaje, adicionalmente tiene la posibilidad de ser armada y desarmada para su traslado de lugar.

El proyecto de construcción Centro Acuático de Pekín del año 2008, a cargo de los diseñadores, PTW Achitects, posee una estructura a gran escala, compuesta por barras y nodos. Las barras se distribuyen en el espacio conformando uniones que imitan las conexiones que poseen los elementos en la estructura Weaire Phelan. Los espacios entre las barras fueron cubiertos con películas de material EFTE, imitando el comportamiento y apariencia de las películas de jabón. Otra de las aplicaciones de las estructuras de marcos espaciales se aprecia en el proyecto Mediateca de Sendai

del año 2001, del arquitecto Toyo Ito, que posee una estructura compuesta por columnas con forma tubular formadas por retículas de barras de acero.

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es la aplicación de una nueva geometría en marcos espaciales, la cual provee propiedades de optimización a las estructuras, proporcionando una alta capacidad de resistencia a cargas, empleando menor cantidad de material en comparación con otras geometrías tradicionalmente aplicadas.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

La invención presentada consiste en una estructura rígida de marcos espaciales, con la capacidad de resistir cargas, conformada por barras y nodos que se interconectan. La novedad de la invención consiste en el empleo de una geometría por primera vez aplicada en marcos espaciales. La geometría es obtenida de retomar la forma en que se organizan las aristas generadas por las películas de jabón al interior de un cubo, conocido también como hexaedro, esta geometría es aplicada a la organización de las barras de la estructura.

La geometría de la estructura de marcos espaciales se basa en la configuración más sencilla que adoptan las películas de jabón al interior de la figura del cubo, la cual se compone por una película de forma cuadrada, ocho películas de forma trapezoidal, cuatro aristas que forman un cuadrado, y ocho aristas que se organizan en posición diagonal con respecto a las aristas del cubo.

Las películas de jabón son superficies de área mínima que poseen propiedades de eficiencia por naturaleza; adoptan formas optimizando la cantidad de material, por lo cual la aplicación de la geometría derivada de las aristas de las películas de jabón del cubo, en la configuración de las barras de la estructura de marcos espaciales presentada, provee propiedades de eficiencia, proporcionando ahorro de material y disminución en el peso.

La estructura de marcos espaciales se conforma por una unidad mínima cuyo conjunto de elementos (barras y nodos interconectados) posee la capacidad de resistir cargas, la cual se denomina módulo básico. La estructura de marcos espaciales crece a partir de la repetición del módulo básico sobre los ejes X, Y y Z, con la posibilidad de generar estructuras tales como columnas, estructuras para muros, vigas, estructuras para placas y estructuras para cubiertas.

Los grupos de elementos que conforman la estructura de marcos espaciales son los siguientes.

- Barras perimetrales (3): barras que confinan a la estructura; en un módulo básico conforman una figura de cubo y corresponden a 12 elementos.
- Barras con posición diagonal (2): ocho barras que establecen la conexión entre las barras del interior con las barras perimetrales; se pueden agrupar en conjuntos de a dos barras conformando así tan solo cuatro piezas.
- Barras interiores (1): cuatro barras que conforman una figura cuadrada ubicada en el centro geométrico del módulo básico.
- Nodos articulados (4) (5) (6): nodos que poseen 6 grados de libertad, permitiendo los movimientos de rotación y traslación en el espacio; en ellos se reúnen los extremos de las barras hacia la zona perimetral del módulo básico.

- Nodos rígidos: nodos que no poseen grados de libertad; en ellos se reúnen los extremos de las barras hacia la zona interior del módulo básico.

Las barras de la estructura poseen las siguientes dimensiones: la longitud de las barras perimetrales (3) corresponde a $L=1$; la longitud de las barras con posición diagonal (2) corresponde a $0,75L$, y pueden variar en un rango entre $0,6L$ y $0,8L$; y la longitud de las barras del marco central (1) corresponde a $0,2L$, y pueden variar en un rango entre $0,1L$ y $0,8L$. En caso de que la estructura soporte cargas livianas, las barras perimetrales (3) podrán ser sustituidas por tensores.

Las barras de la estructura poseen los siguientes ángulos entre elementos: las barras interiores (1) poseen ángulos de 90° entre sí y pueden llegar a variar en un rango entre 40° a 140° ; las barras perimetrales (3) de confinamiento de la estructura poseen ángulos de 90° entre sí; las barras con posición diagonal (2) poseen ángulos de 83° entre sí y pueden llegar a variar en un rango entre 88° a 170° ; el ángulo formado entre las barras interiores (1) y las barras con posición diagonal (2) es de 122° , y puede llegar a variar en un rango entre 95° a 160° ; y el ángulo formado entre las barras perimetrales (3) y las barras con posición diagonal (2) es de 56° , y puede llegar a variar en un rango entre 48° a 62° . Los ángulos entre las barras pueden llegar a variar, conservando la forma y configuración de los elementos.

Las barras de la estructura son perfiles tubulares que se ensamblan en uniones generadas con nodos. Las uniones empleadas en los nodos pueden ser por soldadura, por piezas atornilladas o pernadas, por ensambles de piezas, o cualquier tipo de unión para nodos, siempre que cumpla con la función correspondiente de restringir o permitir el movimiento. Los elementos de la estructura podrán ser fabricados con los siguientes tipos de materiales: materiales metálicos, como aluminio, acero o aleaciones; materiales de fibras vegetales, como la madera y el bambú; y materiales sintéticos, como los polímeros y las resinas.

Ventajas técnicas

- La geometría implementada en la estructura de marcos espaciales proporciona la capacidad de resistir cargas; la estructura se mantiene rígida y emplea secciones esbeltas.
- La aplicación de nodos rígidos y articulados de forma simultánea, permite leves movimientos y rotaciones, por lo cual se presentan esfuerzos mínimos de torsión sin sufrir grandes deformaciones.
- La estructura es rígida ante la aplicación de cargas verticales y horizontales, no sufre grandes deformaciones ni grandes desplazamientos, al mismo tiempo que emplea menor cantidad de material que otras tipologías de marcos espaciales, tales como la celosía Long, la celosía Warren, y la celosía Warren compuesta, entre otras.
- Las piezas pueden ser prefabricadas proporcionando los beneficios de la estandarización como lo es la precisión de los elementos, la facilidad de transportación y la rapidez del montaje en obra.
- Los espacios al interior de la estructura de marcos espaciales son aprovechables para la incorporación de tuberías y sistemas de instalaciones.
- Las piezas prefabricadas pueden ser armadas y desarmadas fácilmente de forma manual.

REALIZACION PREFERIDA

En la realización preferida de la estructura de marcos espaciales, los elementos del sistema deben ser piezas prefabricadas que se ensamblan manualmente con la posibilidad de que la estructura pueda ser desarmada y armada nuevamente en otros lugares. Adicionalmente las cargas deben ser aplicadas en los nodos de la estructura.

Los elementos (1) corresponden a las barras del interior y se organizan conformando un cuadrado. Los elementos (2) corresponden a las barras con posición diagonal; para su fabricación se agrupan en grupos compuestos por un número de dos unidades de las barras (2). Los elementos (3) corresponden a las barras de confinamiento de la estructura y se ubican perimetralmente. Los elementos (4) conforman nodos articulados que reúnen tres extremos (10) de las barras (3) y un extremo (11) de las barras (2). Los elementos (5) conforman nodos articulados que reúnen dos extremos (10) de las barras (3) y dos extremos (11) de las barras (2). Los elementos (6) conforman nodos articulados que reúnen cuatro extremos (11) de las barras (2). Para realizar la unión de ocho extremos (11) de las barras (2) se deben emplear dos nodos (6) unidos.

Los extremos atornillables (9) de las barras (2) se deben unir a los orificios roscados (8) del cuadrado conformado por las barras interiores (1), para generar las uniones empotradas. En los nodos (4) se deben encastrar las terminaciones esféricas (10 y 11); las piezas (4' y 4'') se deben encajar en la pieza (4) y se deben fijar con tornillos (7). En los nodos (5) se deben encastrar las terminaciones esféricas (10 y 11); la pieza (5') se debe encajar en la pieza (5) y se debe fijar con tornillo (7). En los nodos (6) se deben encastrar las terminaciones esféricas (11); la pieza (6') se debe encajar en la pieza (6) y se debe fijar con tornillo (7). Las terminaciones esféricas encastradas en los orificios de los nodos generan uniones articuladas.

-