

Modelación numérica de edificio modular de contenedores marítimos ISO de 20 pies

/Numerical modeling of modular building of 20 feet ISO maritime containers

Alejandro Santoyo¹; Juan Carlos Ruge²; Daniel Alberto Zuluaga Astudillo³

¹Ingeniero Civil, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá D.C

²Ingeniero Civil, MSc. PhD., Universidad Piloto de Colombia, Grupo Hábitat, Diseño e Infraestructura. HD+i. Bogotá D.C

³Magister en Ingeniería Civil, Docente Investigador Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá Colombia. jwinnorth@gmail.com

FECHA DE RECEPCIÓN DEL ARTÍCULO: 03/04/2017 FECHA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO: 02/08/2017

Página
10

ESING

- REVISTA INGENIEROS MILITARES
- número 12, Año 2017, ISSN 2215-7107 / BOGOTÁ-COLOMBIA

RESUMEN

Si bien en el panorama actual de la ingeniería y la arquitectura, las estructuras prefabricadas basadas en la reutilización de contenedores ISO ya han adquirido gran popularidad a lo largo de todo el planeta, se ha evidenciado que su uso se limita principalmente a los terrenos estables desde el punto de vista sísmico resistente y con suelos de fundación de buena capacidad portante.

Debido a que el acero presenta una gran resistencia a solicitaciones de carga, a flexión, flexo-tracción y flexo-compresión, es necesario entender por lo menos en el concepto numérico el comportamiento estructural de estas estructuras modulares. Para tener un panorama más claro sobre la estabilidad estructural de los edificios modulares de contenedores se modeló de manera numérica, un edificio de 5 niveles de altura y con distribución de 4 contenedores de 20 pies de longitud por piso, así mismo se añadieron perfiles metálicos junto a cada elemento estructural predominante, es decir vigas y columnas, los cuales a su vez se amarraron a través de cables de acero a 6 pilotes esquineros que anclan a esta estructura en general al terreno y por otro lado para un modelo simplificado se agregaron en las dos caras más delgadas en los extremos del edificio, unos perfiles cuadrados de manera inclinada y a 45° unidos con una hipotética soldadura típica manejada por el software manejado -SAP 2000 v.15. Se compararon estos resultados de momento y deformaciones con los recibidos al aplicar cargas vivas, muertas, fuerzas de sismo y de viento a un edificio de iguales dimensiones

con contenedores simplemente apoyados un sobre otro y de esta manera, algo similar a lo que ocurre con las construcciones de similares características en el viejo continente.

PALABRAS CLAVE

Modelación numérica, contenedores marítimos, edificio modular.

ABSTRACT

While the current outlook of engineering and architecture is quite good and the structures based on the reuse of marine containers, it has been shown that their use is limited to the stable lands from the earthquake resistant point of view and with foundation soils of very good bearing capacity, which are mainly located in the old continent, specifically in the low countries. From here it is explained that one of the powers of these structures is their rapid assembly, simply placed on level ground and is almost ready to inhabit. While it is already known in the field of engineering, the steel has a high resistance load stresses, flexural and compression is a need to understand at least in the numerical concept the structural behavior of these modular structures, due to the absence of local regulations governing the design and construction of the same. To have a clearer picture of the structural stability of modular container buildings are numerically model a building with 5 levels of height and distribution of 4 containers of 20 feet in length per floor, also added additional metal structures were finally are, metal profiles with each structural element predominant, beams and columns, which in

Para citar este artículo / To cite this article

A. Santoyo; J. C. Ruge; D. A. Zuluaga Astudillo. Modelación numérica de edificio modular de contenedores marítimos ISO de 20 pies. Revista Ingenieros Militares. No. 12, pp. 10, 2017.

turn is tied by steel cables 6 corner piles anchored to this structure enters the general location of the project which is not defined and the other side for a simplified model were added in the two thin faces at the ends of the building, a square profile 45 and an inclined manner together with a typical weld hypothetical software managed by the managed-SAP 2000 v.15 -. However, and to make this model something useful in the field of engineering, the results of time and strain to those received by applying live, dead, earthquake forces and wind loads to a building of the same size containers compared with just supported one over another and thus, similar to what occurs with similar constructions in the old continent.

KEYWORDS

Numerical modeling, ocean container, modular building.

INTRODUCCIÓN

El detonante para cambiar tanto a nosotros como al mundo definiendo nuestra condición moderna, es que la arquitectura, la construcción y la planificación urbana puedan evolucionar para aportar herramientas imprescindibles para salvaguardar nuestro futuro , creando ciudades que produzcan entornos sostenibles y civilizadores, convirtiendo La sostenibilidad en el principio rector de la moderna proyección urbana; generando espacios abiertos más proclives a participar en la vida comunitaria e involucrando a los ciudadanos en el desarrollo de su propio medio, redireccionando los avances tecnológicos hacia metas de sostenibilidad y así terminar con todas estas penurias que se viven en las ciudades para lograr bellas ciudades sostenibles.

Antes de finalizar el siglo 20, en ciertos sectores de los países bajos e Inglaterra, algunos arquitectos, empezaron a desarrollar una alternativa de vivienda que nacía con base a una caja metálica usada como bodega de almacenamiento y que a pesar de que muchas personas se mostraban escépticas a usarlas para tal fin, fácilmente empezó a regarse por toda a Europa. Esta caja metálica en mención no sería ni más ni menos que los “contenedores marítimos para transporte de materiales”. Estos mismos nacerían en la época de la segunda guerra mundial teniendo

como objetivo fundamental el transporte seguro de armas en general, sería en 1956, hace más de 50 años, que estos se usarían de manera masiva en el mercado marítimo para transporte de mercancías.

Estos mismos nacerían en la época de la segunda guerra mundial teniendo como objetivo fundamental el transporte seguro de armas en general, sería en 1956, hace más de 50 años, que estos se usarían de manera masiva en el mercado marítimo para transporte de todo tipo de mercancías como alimentos, vestuario, muebles, tecnología entre otros [1]. Sin embargo y aunque cueste creerlo, si se piensa desde un punto de vista imparcial, los contenedores marítimos ofrecen un resguardo seguro ante las condiciones del medio ambiente, la cual viene siendo la necesidad principal de toda vivienda, es por eso que en Europa se encontraron a estos como una solución rápida y practica para crear viviendas en modo masivo. Aun así más que por su practicidad, esta alternativa de vivienda surgió por otra preocupación la cual está más relacionada con la pregunta inicial planteada ¿Qué tan ciertas son las particularidades presentadas por las construcciones “ambientales”?

Ahora bien, pues las viviendas hechas con contenedores, nacieron del reciclaje puro de aquellos puertos de mercancías que aunque obtienen buenas ganancias mes tras mes a lo largo del mundo, prefieren muchas veces abandonar las cajas metálicas ya que es mucho más económico su “desecho” que pagar su transporte hasta el lugar de origen, así que por ejemplo, es más fácil abandonar un contenedor vacío en Cartagena y cuyo origen sea la China, ya que su transporte es más costoso que los 12 m² que ocupara en el puerto de destino.

METODOLOGÍA

Diagnóstico del uso de los contenedores marítimos

Teniendo en cuenta el auge con el que también cuenta Colombia y el incremento en las importaciones y exportaciones, es fácil entender que los puertos más importantes del país cuentan con miles de contenedores que año tras año se pasean por estos mismo, y de los cuales cierta fracción aun no conocida con precisión, se abandonan y dejan de ser usados para el almacenamiento y transporte de mercancías y

pasan a ser considerados como “chatarra” aun cuando poseen grandes propiedades por ser netamente de acero tipo corten. Sin embargo, y basándonos en la experiencia del viejo continente, no hace falta mas que un poco de trabajo relativamente rápido, comparado con ciertos procesos constructivos, para adecuar estas cajas de un muy buen acero sea cual su dimensión; 20 o 40 pies de longitud, para que sean habitables y más que eso, cómodos para cualquier persona que se interese por este tipo de construcciones modulares, y esta denominación se debe a que se ya que son simples cajas metálicas, no basta con más que una manera de acomodar uno tras otro y sobre otro para adquirir varios niveles los cuales con adecuaciones de escaleras, puertas, ventanas, paneles de calefacción y acabados en pisos y techos, ya son un conjunto de viviendas de la altura que se desee [2].

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas del acero corten con el que se producen los contenedores marítimos

Propiedades físicas	
Densidad (g/cm ³)	7,96
Punto de Fusión (C)	1370-1400
Propiedades mecánicas	
Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod (J/m)	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la tracción (MPa)	460-860

Así mismo, si se observan fotografías generales del apilamiento de contenedores, figura 1 se puede ver que un contenedor encaja casi de manera perfecta sobre otro ya que sus perfiles metálicos tienen medidas estandarizadas lo cual no hace necesario diseñar con énfasis sus elementos estructurales.

Han sido los ingenieros holandeses y alemanes quienes han usado con mayor versatilidad los contenedores, por ejemplo no se requieren más de dos contenedores para crear un sencillo y curioso puente peatonal que pase sobre un pequeño río en algunos pueblos de estas zonas europeas.

Un conjunto residencial con capacidad para 800 estudiantes en Berlín, no necesitó más de 1000 contenedores para ser una alternativa económica para los futuros profesionales de la mencionada zona [3]. Incluso con 5 o 6 contenedores apilados de manera común se realizan fácilmente galerías de exposiciones artísticas que se montan y desmontan conforme se desean llevar a otras ciudades o países, ya que aunque no se ha mencionado, las construcciones modulares sin importar el tipo de módulos usados permiten ser montadas y desmontadas cuantas veces se deseen por lo cual es casi una genialidad el poder transportar una casa hecha con contenedores o bien sea la mencionada galería, en uno o dos viajes para implantarla en otra ciudad. (Tomado de Consultorio de comercio exterior)[4]



Figura 1. Ejemplo de edificio modular habitable de contenedores marítimos

Sin embargo no han sido suficientes estas características que combinan la economía, la rapidez de construcción, el carácter ambiental por su naturaleza impulsadora de reciclaje y su fácil transporte entre nuevos sitios de localización, para que estas construcciones abunden en todo el territorio Latinoamericano y mucho menos en Colombia.

Recopilación y evaluación de referencias constructivas

En parte, este extraño fenómeno de construcción se debe a que desde hace varios años se han usado los contenedores para realización de simples campamentos provisionales en obras civiles, pequeñas enfermerías en zonas de conflicto armado y desde hace un par de años, se han

usado los contenedores para crear casas de campo de 1 o 2 niveles de altura máximo. También ha sido la falta de divulgación de la versatilidad de las cajas metálicas para usos arquitectónicos y de ingeniería, lo que ha llevado a que no se experimente o se estudie el posible uso de estos como elemento predominante en construcción de uso masivo, como lo podrían ser edificios, puentes o incluso escuelas.

Sin embargo, es un factor aun más interesante para cualquier ingeniero que se interese por este tipo de procesos constructivos el que ha hecho de este tipo de edificaciones, algo no tan simple de implantar, las particularidades mecánicas de los materiales lo cual se relaciona directamente con el comportamiento estructural y la transmisión de cargas al posible terreno de fundación [5], el cual casi que de manera inmediata, se sabe, no es igual en lo absoluto al terreno o suelo que tiene el territorio Europeo, particularmente y teniendo en cuenta, que este artículo se escribe desde la sabana de Bogotá, es fácil dar certeza de que el suelo de esta zona del país tiene unas características.

Sin embargo, es un factor aún más interesante para cualquier ingeniero que se interese por este tipo de procesos constructivos el que ha hecho de este tipo de edificaciones, algo no tan simple de implantar, las particularidades mecánicas de los materiales lo cual se relaciona directamente con el comportamiento estructural y la transmisión de cargas al posible terreno de fundación, el cual casi que de manera inmediata, se sabe, no es igual en lo absoluto al terreno o suelo que tiene el territorio Europeo, particularmente y teniendo en cuenta, que este artículo se escribe desde la sabana de Bogotá, es fácil dar certeza de que el suelo de esta zona del país tiene unas características portantes regulares si se compara con el ya mencionado en otros continentes [6].

A pesar de esto, y aunque sería ideal dar una alternativa concisa a estas situaciones, es mas importante plantear una solución inicial que sirva como primer paso y motivación para futuros emprendedores de la construcción civil que deseen impartir el conocimiento sobre este noble elemento constructivo llamado contenedor.

Diseño de Modelo Numérico de Edificio de Contenedores Marítimos

Este primer paso, se basó en la modelación numérica de un edificio de contenedores de 20 pies divididos en 5 niveles y que se diseñaron simulando la unión simple que se da al juntar contenedores y que de manera casi hermética los unen evitando sus desplomes o caídas por posibles movimientos bruscos; vale mencionar que la mayor certeza de que esto no sucede es el medio al que normalmente se acostumbran a los contenedores y con este me refiero a los largos viajes por mar en grandes buque con aun mas grandes cargas. Bajo estos contenedores y simulando una cimentación superficial, se diseñaron dados de concreto reforzado de 1,80 metros en cada lado de sus caras para que así se imiten las condiciones normales de apoyo en la zona colombiana o por lo menos en las pocas construcciones usadas como referencia, las cuales todas usan este patrón de cimentación o en su defecto una losa de cimentación.

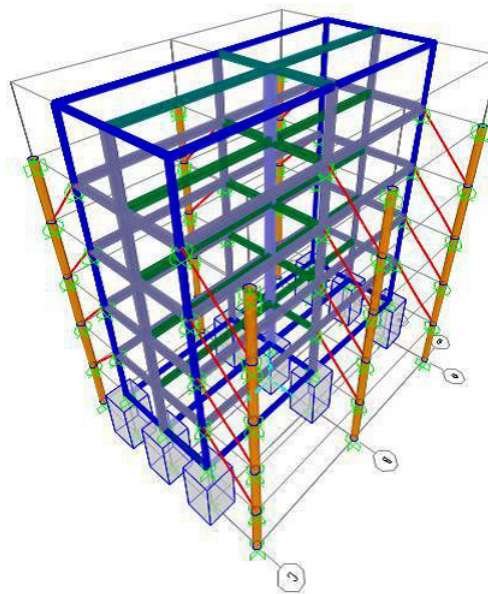


Figura 2. Esquema estructural de modelo de contenedores de cinco niveles.

Para tener un nuevo patrón comparativo, se modelo en el mismo software este edificio con características de geometría exactamente iguales así mismo se compartió este tipo de cimentación pero adicional a esto se colocaron laminas metálicas en la unión de las columnas

y vigas y no constituían una esquina dentro de este modelo y para los casos de las vigas y columnas esquineras en cada nivel se modelo un ángulo metálico, en ambos casos se aseguro la continuidad de estos elementos adicionales con soldadura, o por lo menos seria a través del modelo matemático que se incluirá en el diseño. Además para hacer un poco más peculiar este modelo, se amarraron cables metálicos en los puntos de unión esquineros entre cada nivel de los contenedores y láminas con unos pilares metálicos huecos que aunque aislados de la construcción modular central, se ligan con esta por medio cables que vale aclarar, no tienen características de pretensado en el modelo.

Para la colocación de los pilares metálicos se debe tener en cuenta que se usa una profundidad de excavación o hinchamiento en el terreno “Experimental” que tiene 2,40 metro bajo

el terreno y que se usa únicamente para tener simetría con la altura que presenta cada unidad de contenedor de 20 pies.

Los cables de tensión también tienen esta dimensión por la misma razón de concordancia con la geometría. Si bien su uso puede no ser tan evidente, la razón es equilibrar la estructura modular en el momento que se presentan cargas que generen cambios dimensionales y estructurales para que de esta manera y teniendo en cuenta que se cuenta con un armazón en perfiles metálicos a lo largo de cada piso, este se una con un pilar que transmite directamente las cargas al suelo que manera que prácticamente limita los movimientos libre que fácilmente se presentarían si tan solo se apoyaran los contenedores uno sobre otro.

El diámetro elegido para los pilares fue de un pie

Tabla 2. Elementos constituyentes de la estructura adicional para edificio modular de contenedores ISO de 20’.

Dados de Concreto	Contenedores Habitables de 20’	“Jaula” de Acero	Anclaje Tubular de Acero	Lámina de Elastomero	Conector Tirante
Concreto reforzado con unas dimensiones prudentes	20 contenedores ISO agrupados en 5 niveles de 4	Compuesta por perfiles angulares de acero y unidos con soldadura y pernos de anclaje	Pilotes metálicos de diámetro prudente insertados en el terreno a una profundidad prudente sin usar excavación	Compuesta por un polímero flexible y láminas metálicas en su interior	Tirante de alambra pretensado de manera de aportar más estabilidad inicial
Aislara los contenedores y sus habitantes del nivel del terreno	Con condiciones óptimas para permitir la permanencia de seres vivos en su interior con condiciones óptimas	Se encargara de invalidar el movimiento de los contenedores en cualquier eje, de manera que se respete su condición de superposición estática	Se anclan a través de golpes o perforación cerca al edificio de manera que no sea necesario alterar el terreno consirablemente	Servira para permitir movimientos en un área libre de desplazamiento o debido al terreno de características pobres y para hacer de las cargas del edificio una cargas repartidas a lo largo de todas los contenedores	Permitirá establecer una transmisión de cargas entre el contenedor y el suelo por medio de la restricción de movimiento para estas piezas

0,30 metros el cual es ya un diámetro comercial y cuyo grosor de pared es de 0,007 metros o 7 milímetros si así se le prefiere. Para el cable se usó un diámetro de diseño de 1" o 2,54 centímetros el cual también se consigue en el mercado tal y como se puede observar en la siguiente imagen de catálogo de productos de acero.

Tabla 3. Generalidades dimensionales del edificio de contenedores modelado

GENERALIDADES DIMENSIONALES DE DISEÑO	
NÚMERO DE NIVELES	5
NÚMERO DE CONTENEDORES EN USO	20
ÁREA DE CADA NIVEL (Metros Cuadrados)	56.64
ÁREA TOTAL DEL EDIFICIO (Metros Cuadrados)	283.2
ÁREA CONTENIDO EN CONCRETO (Metros Cuadrados)	12.96
LONGITUD TOTAL DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	320.4
PESO NETO DE CADA CONTENEDOR (Kilogramos)	2300
PESO NETO TOTAL DE EDIFICACIÓN (Kilogramo)	46000
NÚMERO DE PILOTES TIRANTADOS	6
TIRANTES COLOCADOS EN CADA PILOTE	4
TIRANTES DE DISEÑO TOTALES	24
DIAMETRO DE PILARES (Metros)	0.3024
LONGITUD DE CARAS VIGAS Y COLUMNAS (Metros)	0.15
LONGITUD DE CARAS DE LAMINAS Y ANGULOS ADICIONALES (Metros)	0.15

Finalmente en ambos modelos numéricos se incluyeron cargas vivas, muertas, fuerzas de viento y de sismos que se distribuyeron de manera particular para cada caso y que para conocer más en detalle fácilmente se pueden consultar en el trabajo. Por otro lado se realizó un tercer modelo que permite ampliar el espectro comparativo de la modelación numérica; se simuló el uso de vigas cuadradas de 6" en posición inclinada a 45° en los extremos de los contenedores o lo que vendrían siendo las "culatas" del edificio, únicamente de manera que se obtuvo el siguiente modelo:

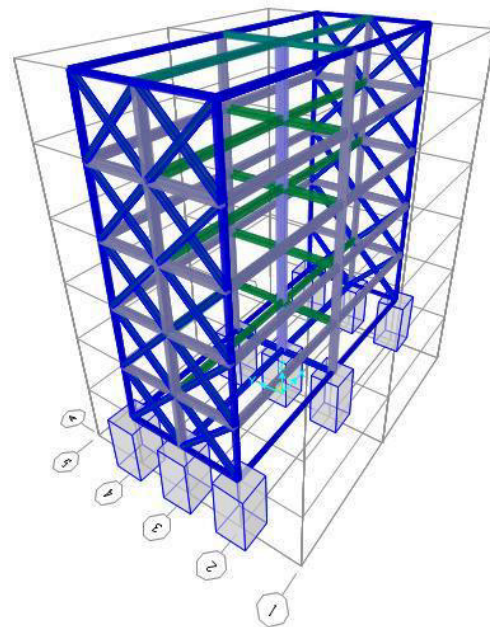


Figura 3. Esquema estructural de edificio modular de contenedores.

En la figura 3, se evidencia el esquema general de las estructuras adicionales colocadas junto a los contenedores apilados en los 5 niveles. Ya con esta idea geométrica mas clara, se puede reconocer que los resultados del modelo numérico, son útiles si se desea dar un uso real a los edificios de este tipo.

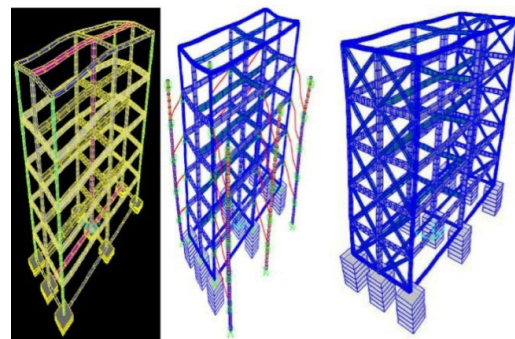


Figura 4. Generalidades dimensionales del edificio de contenedores modelado.

Visualmente y teniendo en cuenta que el lado izquierdo de la figura 4 es una modelo de contenedores sin ningún tipo de estructura adicional, mientras que al lado derecho se evidencia un modelo con estructura de ángulos,

láminas metálicas y pilares con cables de unión. Se puede observar que las deformaciones dentro del nuevo modelo con estructura adicional ocasionan unas flexiones hacia el interior del edificio con dirección hacia la zona de encuentro de las vigas medias sobre el eje 3 de la rejilla guía por otro lado las deformaciones en el tercer modelo tiene una tendencia más común y no se observan mayores desplazamientos en el edificio modular.

Así mismo se puede notar, que antes de presentarse deformación en el modelo convencional, este tiende a tener movimientos en la dirección de aplicación de las fuerzas, mientras que en nuestro nuevo modelo con los pilares y perfiles se generan deformaciones ya que el confinamiento con los perfiles limita a la estructura a tener libre movimiento, así mismo los cables que transmiten las fuerzas al terreno limitan en cada esquina al edificio y por eso mismo no se generan estos movimientos tan representativos que se aprecian en la figura 5. Debido a que los cables de unión entre el esqueleto metálica de perfiles que envuelve la estructura no tiene pretensión, la deformación en estos es natural en la forma que las diferentes combinaciones de cargas se apliquen pero aun así continúan con su labor de unión.

Finalmente en el tercer modelo estas guías de movimiento generadas por las fuerzas del viento y sismo se hacen más sutiles

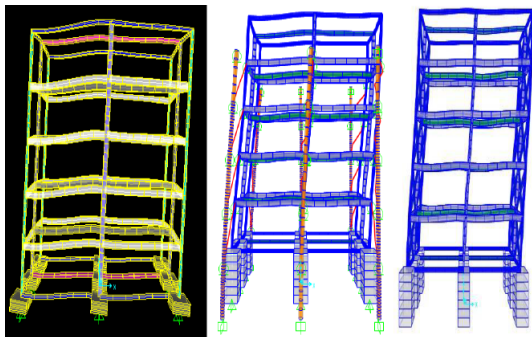


Figura 5. Deformaciones en plano x-z isométrico para modelo de edificio de contenedores de 5 niveles.

Sin embargo, se observa que los pilares metálicos se deforman siguiendo estas líneas de tensión que exigen la transmisión de las cargas por tanto, aunque alejados del epicentro de las

fuerzas, se nota que algunos pilares metálicos se doblan a causa de este caso ya mencionado y en el tercer modelo no cambian mucho estas deformaciones, figura 6. En los tres casos, tanto modelo sin estructura adicional como con la presencia de ésta y el modelo con perfiles inclinados, se observa que ninguno de los dados de concreto sufre afectación dimensional aún cuando su diseño y resistencia ideal del concreto no se ha revisado.

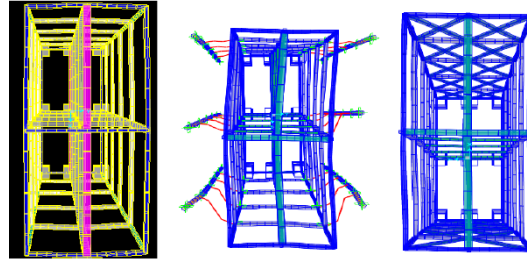


Figura 6. Deformaciones en plano x-y isométrico para edificios de contenedores de 5 niveles

Por otro lado se tiene que los desplazamientos y movimientos en los puntos más representativos de los tres edificios también cambian entre uno y otro modelo, tal y como se observa en los puntos que a continuación se enunciaran usando los resultados arrojados por el programa SAP2000 donde se debe tener en cuenta que el eje X es representado por el número 1, el eje Y se representa por el número 2 y finalmente el eje Z se representa por el número 3 y dichos movimientos presentados se tuvieron en cuenta en las esquinas de nivel superior de cubierta del quinto piso y el nivel inferior del tercer nivel de contenedores marítimos, figura 7.

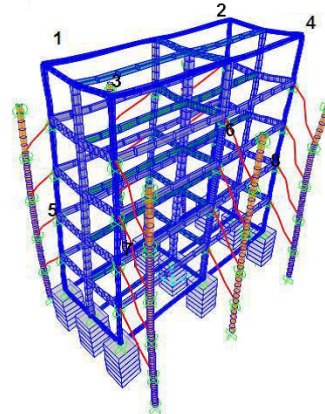


Figura 7. Localización de puntos representativos para análisis de movimientos y rotación

Como bien se observó al comparar las tablas de desplazamientos de los tres tipos de estructura de contenedores marítimos, se evidenció que aunque las magnitudes no son realmente trascendentales y no presentan en ningún caso movimientos ni rotaciones que sean mayores a 14 mm, si es visible y ya desde el estudio de las deformaciones, que la ausencia del perfil o ángulo metálico electro soldado de manera paralela a las vigas y columnas permite que las orientaciones forzadas a las que se llevan a los contenedores son muy diferentes. Específicamente los movimientos en el eje Z que se refiere a las alturas del edificio en cada piso, en el tercer modelo con adición de perfiles inclinados estos datos son mucho menores lo cual al menos desde el punto de vista matemático lo vuelve más recomendable, figura 8.

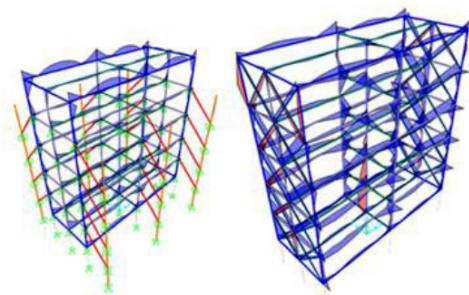


Figura 8. Esfuerzos máximos de elementos estructurales de edificio de contenedores.

CONCLUSIONES

Aunque es bien sabido por todos los interesados en la ingeniería y construcciones civiles, los factores que inciden en la estabilidad estructural de cualquier modelo numérico sea cual sea el software utilizado para su realización, son variables y muy numerosos dado que es posible que cada realizador tenga una perspectiva diferente respecto al grado de importancia que se le dé a cada uno de estos factores; sin embargo no por esto, cada uno de los modelos realizados en determinado modelo numérico estructural pierde su relevancia, por el contrario cada uno de estos será una nueva puerta para lograr determinado análisis de deformaciones, fuerzas, cargas, momentos, factores físicos, entre otros.

Partiendo de esto, se debe reconocer que este modelo numérico de los diferentes edificios modulares de contenedores aporta un nuevo

punto de vista en el tema de construcciones modulares, si se mira desde una instancia completamente detallada en el aspecto de diseño estructural y su eventual estabilidad ante la aplicación de cargas.

Sin duda los fines que se tenían al realizar este modelo se lograron ya que se permitió un análisis y una descripción simplificada del proceso de modelación y constructivo dada su eventual construcción saliendo del aspecto computarizado.

A través de la aplicación de los diferentes tipos de cargas a los tres modelos, los cuales constaban de un modelo de contenedores simples, un modelo con estructura adicionales y cables de unión, y el modelo con perfiles inclinados adicionales,, se evidenció una clara diferencia en lo que fueron las deformaciones, observando que estas son menos evidentes en los modelos con diseño de estructura adicional, tanto cables y pilotes hincados como los perfiles inclinados; siendo este último menos propenso a los movimientos generados por las fuerzas del viento planteadas en el software así mismo obteniendo unas deformaciones menores en las vigas internas de cada contenedor a lo largo de los diferentes niveles. Aun así es bastante satisfactorio notar que los cables aplicados en el modelo principal del proyecto sufren una deformación aun cuando estos están libres de aplicación de cargas sin embargo si las transmiten a los pilotes laterales.

Por otro lado, el proceso constructivo en todos los casos de modelación son sencillos si se tiene en cuenta que se cuenta únicamente con perfiles adicionales metálicos específicamente de acero y vale aclarar nuevamente que son de carácter comercial. Sin embargo en la eventual continuación que se le a este trabajo, se debe investigar sobre el mejoramiento de soldaduras ideales para este tipo de estructura modular. Finalmente se observaron que los esfuerzos en todos los casos de modelación, superan a los máximos de diseño, aun así no se genera esta situación en todos los puntos, simplemente se puntualizan las zonas medias de los modelos y en su defecto los cables, por tanto se debería evaluar dicho caso de desigualdad en la división de esfuerzos si así se llega a desear para lo que ya se mencionó, una eventual continuidad en la investigación.

REFERENCIAS

- [1] M. Buchmeier, H. Slawik, S. Tinney, J. Bergmann. *Container atlas: A practical guide to container architecture*. Gestalten, Berlin, 2010, pp. 256.
- [2] L. Garrido. *Sustanaible architecture containers*. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones, 2011, pp. 94.
- [3] ECODOMUS ARQUITECTOS, edificios con contenedores <http://ecodomusarquitectos.wordpress.com/category/edificios-con-contenedores/>
- [4] CONCHA, José Roberto. Consultorio de Comercio Exterior <http://www.icesi.edu.co/agenciadeprensa/contenido/pdfs/QUE%20ES%20UN%20CONTENEDOR.pdf>
- [5] USI, Eva. DW, Arquitectura de contenedores: reflejo de una nueva era nómada <http://www.dw.de/arquitectura-de-contenedores-reflejo-de-una-nueva-era-nomada/a-15139952>.
- [6] Revista de Logística, El contenedor: su situación y papel en Colombia http://www.revistadelogistica.com/Contenedor_situacion_n3.asp