

**MODELACIÓN DE UN CONTAINER USADO COMO VIVIENDA PARA
CHEQUEO DE CUMPLIMIENTO O NO CUMPLIMIENTO DE
DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES DEBIDO A FUERZAS
SÍSMICAS.**

Auxiliares de investigación:

**JUAN FERNANDO LÓPEZ VALDERRAMA
MATEO ALEJANDRO PIÑEROS RAMÍREZ**

Investigador Principal:

Ingeniero ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ

**Universidad libre seccional Pereira
Facultad de ingenierías
Ingeniería civil
Pereira Colombia
2020**

Tabla de contenido

Introducción	6
Resumen	7
Summary	9
1. Planteamiento del problema	11
1.1 Descripción del problema	11
1.2 Formulación del problema.	11
1.3 Justificación	11
2. Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
3. Antecedentes	14
3.1 Locales	14
2.2 Nacionales	15
3. Marco de referencia.	16
3.1. Marco teórico	16
3.2 Marco geográfico	21
3.2.1 Geología general	21
3.3 Marco legal	21
4. Diseño metodológico	25
4.1 Tipo de investigación	25
4.2 Diseño	25
4.2.1 Fase 1: Revisión de antecedentes de construcciones a base de contenedores.	25
4.2.2 Fase 2: Identificación de normativa aplicable.	26
4.2.3 Fase 3: Definición de método para de analizar de la estructura.	26
4.2.4 Fase 4: Modelación de la estructura a analizar y asignación de factores que afectan la estructura.	26
4.2.5 Fase 5: Obtención y análisis de resultados	26
4.3 Procedimiento para obtención de resultados.	27
4.3.1 Valores para determinar espectro de diseño.	27
4.3.2 Valores de aceleración horizontal efectiva (A_a) y valores de velocidad horizontal efectiva (A_v).	28
4.3.3 Valores de amplificación debido al suelo, para periodos cortos y periodos cortos del espectro.	29
4.3.4 Grupo de uso de la estructura, y coeficiente de importancia	30
4.3.5 Digitación de valores para definir el espectro de diseño.	31
4.3.6 Cargas que afectan el container.	32
4.3.7 Propiedades físicas y mecánicas del material del container.	36
4.3.8 Identificación de las secciones que conforman el contenedor	39
4.3.8 Dibujo del contenedor en SAP 2000.	45
4.3.9 Definición de los patrones de carga	46

4.3.10 Definición de los casos de carga.	47
4.3.11 Fuerza sísmica	50
4.3.11 Combinación de cargas	53
4.3.12 Asignación de cargas	63
4.3.13 Definición de fuerza horizontal equivalente	65
4.3.14 Periodo fundamental de la estructura	67
4.3.15 Periodo asumido (T_a)	68
5. Resultados	70
5.1. Análisis del modelo para ajustes según resultados.	70
5.1.2 Reacciones en la base.	70
5.1.3 Relación entre análisis modal y fuerza horizontal equivalente	71
5.1.4 Resultados de desplazamientos por piso.	72
5.1.5 Etiquetas de nodos	73
5.1.6 Análisis de resultados	74
6. Conclusiones	77
6.1 Conclusión en base al objetivo general.	77
6.2 Conclusión en base a los objetivos específicos.	77
7. Recomendaciones	78
8. Referencias bibliográficas	79

Tabla de ilustraciones

<i>Ilustración 1:</i> Los Containers Food Place	14
<i>Ilustración 2:</i> Zona Container	15
<i>Ilustración 3:</i> Valores de A_a y A_v para Pereira	28
<i>Ilustración 4:</i> Valores de F_a para suelo tipo D	29
<i>Ilustración 5:</i> Valores de F_v para suelo tipo D	29
<i>Ilustración 6:</i> Valores del coeficiente de importancia	30
<i>Ilustración 7:</i> Ruta para definir espectro de diseño	31
<i>Ilustración 8:</i> Coeficientes digitados	32
<i>Ilustración 9:</i> Valores de carga viva uniformemente distribuida	33
<i>Ilustración 10:</i> Carga viva para cubiertas.	34
<i>Ilustración 11:</i> Carga SD para cubierta de asbesto-cemento	35
<i>Ilustración 12:</i> Carga SD para poste de madera o acero, yeso de 12 mm a cada lado	36
<i>Ilustración 13:</i> Densidades de los materiales	36
<i>Ilustración 14:</i> Propiedades mecánicas	37
<i>Ilustración 15:</i> Definición del material	38
<i>Ilustración 16:</i> Dimensiones de viga inferior delantera y trasera.	39
<i>Ilustración 17:</i> Viga inferior delantera y trasera modelada en SAP 2000.	39

<i>Ilustración 18:</i> Viga transversal de piso modelada en SAP 2000	40
<i>Ilustración 19:</i> Dimensiones de panel trasero Fuente: Propia	40
<i>Ilustración 20:</i> Panel trasero modelado en SAP 2000.	40
<i>Ilustración 21:</i> Dimensiones paneles laterales (Propia)	41
<i>Ilustración 22:</i> Paneles laterales modelados en SAP 2000 (Propia)	41
<i>Ilustración 23:</i> Dimensiones de columna trasera	41
<i>Ilustración 24:</i> Columna trasera modelada en SAP 2000	41
<i>Ilustración 25:</i> Dimensiones columna delantera	42
<i>Ilustración 26:</i> Columna trasera modelada en SAP 2000	42
<i>Ilustración 27:</i> Apoyos en las esquinas modelados en SAP 2000	43
<i>Ilustración 28:</i> Viga delantera superior modelada en SAP 2000	43
<i>Ilustración 29:</i> Vigas laterales y trasera modelada en SAP 2000	44
<i>Ilustración 30:</i> Vigas inferiores laterales modeladas en SAP 2000	44
<i>Ilustración 31:</i> Ejes principales de la estructura	45
<i>Ilustración 32:</i> Vista 3D del modelo	46
<i>Ilustración 33:</i> Patrones de carga	46
<i>Ilustración 34:</i> Casos de carga	47
<i>Ilustración 35:</i> Caso de carga muerta	48
<i>Ilustración 36:</i> Caso de carga viva	48
<i>Ilustración 37:</i> Caso de carga sobre impuesta	49
<i>Ilustración 38:</i> Fuerza sísmica en sentido X	51
<i>Ilustración 39:</i> Fuerza sísmica en sentido Y	52
<i>Ilustración 40:</i> Combinaciones de carga.	53
<i>Ilustración 41:</i> Verificación de derivas por el método de esfuerzo de trabajo	54
<i>Ilustración 42:</i> Combinaciones de carga presentes en el modelo	54
<i>Ilustración 43:</i> Combinación 1	55
<i>Ilustración 44:</i> Combinación 2	56
<i>Ilustración 45:</i> Combinación 3	57
<i>Ilustración 46:</i> Combinación 4	58
<i>Ilustración 47:</i> Combinación 5	59
<i>Ilustración 48:</i> Combinación 6	60
<i>Ilustración 49:</i> Envoltente en sentido X	61
<i>Ilustración 50:</i> Envoltente en sentido Y	62
<i>Ilustración 51:</i> Carga SD en cubierta	63
<i>Ilustración 52:</i> Carga SD en nivel intermedio	63
<i>Ilustración 53:</i> Carga viva en cubierta	64
<i>Ilustración 54:</i> Carga viva en nivel intermedio	64
<i>Ilustración 55:</i> Patrones de carga en FHE _x y FHE _y	65
<i>Ilustración 56:</i> Coeficientes de FHE sentido X	66
<i>Ilustración 57:</i> Coeficiente de FHE sentido Y	66
<i>Ilustración 58:</i> Periodo fundamental de la estructura	67
<i>Ilustración 59:</i> Valores de K	69
<i>Ilustración 60:</i> Espectro de diseño con Periodo asumido y Periodo fundamental	69
<i>Ilustración 61:</i> Nodos nivel cero	73

<i>Ilustración 62: Nodos nivel intermedio</i>	73
<i>Ilustración 63: Nodos nivel de cubierta</i>	73

Lista de tablas

<i>Tabla 1: Valores para cálculo de Ta</i>	68
<i>Tabla 2: Reacciones en la base</i>	70
<i>Tabla 3: Relación entre métodos</i>	71
<i>Tabla 4: Resultados de desplazamientos en nodos principales</i>	72
<i>Tabla 5: Deriva máxima según estructura</i>	74
<i>Tabla 6: Deriva para columna A-1</i>	75
<i>Tabla 7: Deriva para columna A-2</i>	75
<i>Tabla 8: Deriva para columna B-1</i>	75
<i>Tabla 9: Deriva para columna B-2</i>	76

Introducción

En el sector de la construcción, día a día se están buscando nuevas ideas para dar solución a las necesidades de la sociedad, por lo cual, el enfoque de contratantes y contratistas ha cambiado al ver que los recursos que la naturaleza nos provee no son infinitos y estos al ser gastados en función del crecimiento poblacional global, agota las principales fuentes de dichos recursos conllevando a serios problemas sociales, económicos y ambientales.

La construcción de viviendas actualmente lleva el reto de experimentar con los distintos materiales que se poseen gracias al avance de la ciencia, lograr disminuir el impacto ambiental y buscando la eficiencia a la hora de construir. Es por ello, que los contenedores marítimos ahora son un punto de enfoque. Debido a que su uso es regulado por la norma ISO 1496-1, dicha norma expresa el tiempo de uso en el área de transporte de mercancía por medio marítimo y el cese de este debido al desgaste que sufren en sus juntas debido a la corrosión que genera el agua salada en ellos, mas no por la afectación a la estructura las cual se conserva, y así son llevados a los conocidos cementerios de contenedores donde realmente se podría dar un segundo uso en alguna otra área; por ejemplo dentro del campo de la construcción de viviendas.

El principal inconveniente con el uso de los contenedores marítimos como estructura en Colombia es que no existe ningún reglamento que los apruebe o certifique como estructura sismo resistente.

Dicho eso, este trabajo de grado tiene como objetivo obtener los resultados que arroja el software SAP 2000, una vez modelado dicho contenedor con todas sus secciones que lo conforman y casos que carga que lo afectan para finalmente concluir si es o no una estructura apta para su uso en la construcción.

Resumen

El uso de los contenedores marítimos en el servicio del transporte de carga, han sido objeto de facilidad a la hora de transportar y dar agilidad en la movilidad que en cada puerto se requiere para aumentar el flujo de mercancía que se exporta e importa en cada país, siendo esto motivo para ver estos elementos como un elemento muy práctico.

El ciclo de vida de estos contenedores como transporte de carga es relativamente corto, el cual después de haber cumplido con su propósito es desechado en cementerios de contenedores, donde allí puede haber millones en buenas condiciones para ser reutilizados en la construcción de edificaciones modulares.

Este proyecto tiene como finalidad la obtención de resultados por medio de la modelación digital de dos contenedores marítimos, uno sobrepuesto sobre el otro, para recrear el espacio de una vivienda unifamiliar, en este modelo se someterá la estructura a condiciones de carga muerta, carga viva, carga sobre impuesta, carga sísmica y sus respectivas combinaciones, además de eso se modelara con factores de zona de amenaza sísmica alta como lo es la ciudad de Pereira, Risaralda y también en un tipo de suelo poco resistente; todo esto para recrear el peor escenario en el que puede interactuar la estructura, como lo haría una estructura convencional en concreto reforzado o estructura metálica, con la diferencia de las secciones irregulares que componen dicho contenedor marítimo.

Posteriormente se correrá el software donde arrojará los resultados para analizarlos siguiendo las especificaciones expresadas en el título A de la norma sismo resistente colombiana (NSR-10) y finalmente habiendo comparado los resultados concluir en base a los objetivos

8

expresados posteriormente si este tipo de estructura es posible usarla o no usarla en área de la construcción para uso residencial.

Summary

The use of maritime containers in the freight service have been easily used to transport and give agility in the mobility that is required in each port to increase the flow of goods that is exported and imported in each country, this being reason to see these elements as a very practical element.

The life cycle of a container as cargo transport is relatively short, which after having served some time is discarded in container cemeteries where there may be millions in good condition to be reused in the construction of modular buildings, this being a possible solution to industries to ensure greater economy and also to make a great contribution to the environment.

The project aims to demonstrate through digital modelling that the use of maritime containers as residential buildings, meets the minimum requirements specified in the NSR-10 standard.

In addition, with this project it is sought to give a new idea to the field of construction where the recycling of these metallic elements is taken into account that are discarded in optimal conditions for an external use to which they were designed, as is the transport of cargo.

To achieve this analysis, a process is created that begins with the investigation of the history of shipping containers from their creation to their evolution in the blocks that they are today. Each of the elements comprising the main structure is also analyzed to determine how usable they are to the structural design of a dwelling; being uncommercialized elements in the field, there is little information that is collected as they have not yet had a larger study focused on construction.

Then a structural model is formed where it will have in addition to the structure of the container, it will have metallic elements that help to withstand the forces that come to affect a building.

Each of the models will be analyzed and compared to the NSR-10 standard to know if it fulfills the main function, such as the application of these elements in the solution of construction of residential buildings.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

En el campo de la construcción de obra civil radica como problema principal la incertidumbre sobre el comportamiento de dicha construcción y dado que las posibilidades de configuraciones estructurales son infinitas, para el tipo de uso que se vaya a darle que se busca en un principio, es elegir aquella configuración, la cual que sea más viable tanto económicamente como estructuralmente; para este caso en específico es el uso de contenedores marítimos como estructura para vivienda unifamiliar.

Infortunadamente, en Colombia no existe ninguna ley, decreto, permiso, norma o especificación que apruebe el uso de estos elementos como estructura para alojamiento o circulación de personas; esto ha causado que se realice esta práctica de manera empírica, pero posteriormente como no se cuenta con un aval de funcionalidad como se expresó anteriormente, estas estructuras terminan por ser clausuradas.

1.2 Formulación del problema.

El trabajo se desarrolla a partir de un modelado de la estructura principal y componentes secundarios de dos contenedores marítimos, uno puesto sobre el otro; en el cual dicho modelo mostrará las reacciones causadas por las cargas vivas, cargas muertas, cargas sobreimpuestas, cargas de sismo y sus respectivas combinaciones, las cuales normalmente se aplican en una edificación convencional, para así conocer las reacciones en sus apoyos y desplazamientos de los elementos principales que la conforman, y así hacer el cálculo de las derivas presentes en la estructura. Y como finalidad según los desplazamientos entre pisos obtenidos, tener la capacidad de concluir si este tipo de estructuras cumple o con lo expresado en el título A de la norma sismo resistente referente al cumplimiento de derivas.

1.3 Justificación

Los contenedores de carga marítimos se han convertido en objetos contaminantes al ser desechados alrededor del mundo por todos los puertos costeros de cada uno de los continentes, creando cementerios de chatarra de gran magnitud. Con todas las campañas que se ven en las grandes ciudades en contra del calentamiento global y el mal uso de los recursos, han dado pie a que la acción de reciclar elementos que se desechan, después de un determinado tiempo de uso, tenga una buena aceptación por el público, donde se estudia la realidad viable del elemento que se desea reciclar, además, esta idea es muy llamativa cuando en el sector de la construcción puede generar reducción de costos y tiempos de ejecución.

En nuestro país, donde la demanda de vivienda urbana está en un crecimiento exponencial debido a factores demográficos, el gobierno busca la forma de suplir las necesidades de la población más vulnerable construyendo sus viviendas, por lo cual el ahorro de grandes cantidades de recursos se ha convertido en una prioridad; además también se estaría haciendo un aporte ecológico con la reutilización de estos contenedores que son tratados como chatarras solo por haber cumplido un tiempo específico de uso, desaprovechando su potencial estructural.

Además, la tecnología ha permitido descubrir elementos que nunca se hubiesen usado en el campo de la construcción; es por eso que se contempla la posibilidad de demostrar la rigidez estructural de los contenedores para uso residencial.

Entonces al ver que en países desarrollados ya han empleado el uso de contenedores para construcción de edificaciones independientemente de su uso, se busca una manera de demostrar que para este elemento modular metálico cumple con las normativas actuales de construcción que se especifican en la NSR-10 y la ISO 1496-1, en cuanto al cumplimiento de los parámetros mínimos para considerarse como una edificación sismo resistente.

2. Objetivos

1.1 Objetivo general

Modelar un contenedor marítimo de 40' con cada uno de los casos de carga que normalmente afectan a una edificación convencional, para concluir si cumple o no con los requisitos de derivas causados por una fuerza sísmica aplicada.

1.2 Objetivos específicos

- Obtener resultados de cargas, reacciones y desplazamientos, que se presenten en los elementos principales de la estructura del contenedor.
- Comparar los resultados obtenidos con las especificaciones expresadas en el título A de la norma sismo resistente (NSR-10).
- Concluir si los resultados obtenidos y analizados cumplen con el capítulo A.6 de la NSR-10, referente a los requisitos de deriva.

3. Antecedentes

Consultando los antecedentes para la investigación se quiere lograr la determinación del tema a nivel internacional, regional y local con el fin de obtener unas bases para el inicio de la misma. Se encontraron datos de interés en algunas páginas de internet, los cuales se presentarán a continuación.

3.1 Locales

Los Containers Food Place (2018)



Ilustración 1: Los Containers Food Place

Fuente: Propia

Ubicado en el barrio Pinares, en la ciudad de Pereira, cuenta con un área total de 378 metros cuadrados. Este predio se encuentra actualmente abandonado debido a que planeación le quito la licencia de construcción. Recordando que esa licencia urbanística fue otorgada por el curador segundo de Pereira, por lo tanto, la construcción se ejecutó en un cien por ciento sin tener la licencia de construcción.

2.2 Nacionales

Zona Container (2015)



Ilustración 2: Restaurante de Zona Container

Fuente: Zona Container

Ubicado en Bogotá, fue construido en el 2015 y se convirtió en el proyecto de edificaciones con contenedores más alto de Suramérica. Cuenta con 20 locales, 12 espacios comerciales y 8 oficinas. Zona Container cuenta con una intervención en su interior con la más alta tecnología en cuanto a iluminación LED, sistemas de extracción, red contra incendio y cableado estructurado, dejando todo impecable a la vista. Al ser muy innovador, también, es un edificio sostenible y eco amigable.

3. Marco de referencia.

3.1. Marco teórico

El diseño es un proceso mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global. La etapa de estructuración es probablemente la etapa más importante del diseño estructural pues, la optimización del resultado final del diseño depende de gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructuración más adecuada para una edificación específica. En una segunda etapa, se identifican las acciones que se consideran que van a incidir o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva y las acciones accidentales como el viento y el sismo. (Mendoza, 2007).

El análisis estructural es un procedimiento muy importante en el diseño estructural ya que con él se determinan de las respuestas del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La Respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada; está en función de sus propias características y puede expresarse en función de deformaciones, agrietamiento, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc. En muchas situaciones las cargas y otras acciones que introducen esfuerzos en la estructura están definidas por los reglamentos de las construcciones y es obligación del proyectista sujetarse a ellos.

“En ingeniería civil, el análisis estructural se refiere a la determinación de esfuerzo, deformaciones, acciones internas y desplazamientos en los elementos de una estructura, por medio de las teorías de la mecánica de sólidos y la resistencia de materiales.” (Estrada, 2016)

La capacidad de una estructura para resistir un conjunto de acciones depende con frecuencia de la resistencia a la falla de los elementos que la componen. Es necesario tener en cuenta la forma en las que se presentan las acciones y la forma en que los elementos pueden llegar a fallar; así entonces, se busca siempre

que las estructuras cuenten con suficiente ductilidad para hacer frente a las situaciones no previstas en el Cálculo evitando la falla frágil y buscando una falla dúctil, siempre y cuando no se presenten deformaciones importantes por estructuras muy flexibles y basta con que la estructura tenga suficiente resistencia, también es necesario que su comportamiento en condiciones normales de servicio sea satisfactorio. (Estrada, 2016)

“En ingeniería, una estructura es el conjunto de elementos resistentes, convenientemente unidos entre sí, que reaccionan ante el efecto de cargas aplicadas a la construcción. Su finalidad es resistir las acciones internas y transmitir las cargas hacia los apoyos, manteniendo la forma general de un sólido”. (Estrada, 2016)

Gracias a tantos análisis, demostraciones y cumplimiento de varios indicadores, muchas personas han llegado a comentar que la tierra esta “viva” por los constantes movimientos (sismos) que se presentan, algunos imperceptibles por el humano que solo pueden ser registrados por un equipo especializado.

“La ruptura de una falla o de un borde de placa puede localizarse cerca de la superficie terrestre o muy profundamente debajo de la corteza terrestre (100 Km o más). Este punto de ruptura se llama foco. El epicentro es el punto o lugar de la superficie terrestre localizado directamente sobre el foco. La ruptura de la falla genera ondas sísmicas, que son vibraciones que se propagan en todas direcciones”. (Panigua & Diego, 2002)

El territorio colombiano esta notablemente expuesto a la ocurrencia de sismos y movimientos telúricos que bien pueden ocasionar tragedias y pérdidas materiales incalculables. Teniendo presente que las victimas en los sismos o terremotos las ocasionan la caída de las construcciones y edificaciones, es por ello que se creó una norma que al momento de construir cualquier clase de edificación se debe dar una total aplicación para proteger la vida de la persona.

“Es por esto, que las normas sismo-resistentes defienden primordialmente la vida humana ante la posibilidad de que ocurra un sismo y la defensa de la propiedad no deja de ser un subproducto de la defensa de la vida”. (Tiempo, 1999)

El sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales prescritos en el capítulo A.3: sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico, o sistema dual. El reglamento define limitaciones en el empleo de los sistemas estructurales de resistencia sísmica en función de la zona de amenaza sísmica donde se encuentre localizada la edificación, del tipo de material estructural empleado. De la forma misma como se disponga el material en los elementos estructurales según este en posibilidad de responder adecuadamente ante los movimientos sísmicos como los esperados por medio de su capacidad de disipación de energía. Linares sostiene (1999) que la sismo-resistencia busca básicamente la protección de la gente, pero no quiere decir que una obra ejecutada con las normas sismo resistentes no se caiga. Lo que ocurre, es que la construcción resiste un poco más el sismo dándole tiempo a la gente para que evacue el sitio antes de que el terremoto lo derribe.

La revolución comercial, a partir de 1956, que produjo el empleo de contenedores para el transporte, generó nuevas alternativas en el traslado de mercaderías, sin contemplar que, en un futuro, generaría otras posibilidades con respecto a su uso, una vez cumplida la función. Al ser el contenedor un producto industria y al ganar tanto éxito comercial, se masificó, es decir, en la actualidad hay miles y miles de contenedores en uso; como su vida útil es de aproximadamente 15 años, hay cerca de 300 millones de contenedores abandonados en los puertos de todo el mundo, que se transforman en desechos, ocupando inútilmente espacio y desperdiciando acero; ya no sirven para el transporte de mercaderías, pero continúan manteniendo las características de durabilidad y resistencia.

Los contenedores, por lo general, están fabricados en acero, pero también los hay de aluminio y algunos otros de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio. En la mayoría de los casos, el suelo es de madera. En el interior llevan un recubrimiento especial antihumedad para evitar las humedades

durante el viaje. En el sentido de que las grandes ventajas que traen el uso de estos elementos, se pueden decir que los contenedores, directa o indirectamente, forman parte del desarrollo de nuestra vida diaria. Aunque, a veces lo desconocemos. Por contenedores se entiende el elemento de transporte o caja de carga que consiste en un recipiente especialmente construido para facilitar el traslado de mercaderías, como unidad de carga, en cualquier medio de transporte con la resistencia suficiente para soportar una utilización repetida y ser llenado o vaciado con facilidad y seguridad provisto de accesorios que permitan su manejo rápido y seguro en la carga, descarga y transbordo. (Serna Gomez, 2017)

Debido a estas características, se comenzó a contemplar la posibilidad, como se dijo antes, de emplearlos en otros usos diferentes para los que fueron fabricados, por ejemplo, la utilización de contenedores reciclados y acondicionados para oficinas, escuelas, viviendas, locales comerciales, e inclusive como hoteles y galerías de arte o museos. Como una opción resistente, flexible y, gracias a las nuevas tecnologías, con la posibilidad de estructurarlos y de acondicionarlos con sistemas de calefacción y refrigeración, para convertirlos en viviendas reales y sismo-resistentes.

Estas “cajas” metálicas disponen de una vida útil limitada por lo regular los contenedores suelen recibir un escaso o tal vez nulo mantenimiento, mientras toleran lluvias torrenciales, vientos tempestuosos y temperaturas extremas. Además, deben ser capaces de soportar completamente cargados y durante tiempo indefinido enormes presiones por compresión cuando se añaden pesos estáticos estructuralmente sobrepuestos al igual que tensiones por fuerzas laterales; golpes, caídas y lodo que son parte de su cotidianidad al ser transportados por superficies accidentadas, irregulares o sinuosas. (Serna Gomez, 2017)

Lo planteado permite entender la razón de su corta vida como objeto de embalaje principalmente marítimo. Sin embargo, retirados de los escenarios descritos, estos potenciales “bloques de construcción posmodernos” pueden reacondicionarse preservando y renovando su integridad estructura alcanzando un rendimiento operacional superior a 80 años con niveles de mantenimiento considerablemente menores que los habitualmente requeridos por el concreto, la madera o el acero expuesto. El concepto de construir

utilizando contenedores data de la década de 1960. Por tanto, su adecuación al contexto habitacional no supone novedad. De hecho, el primer planteamiento documentado acontece en el año 1966, cuando el Arquitecto Paul Rudolph propuso el diseño y construcción de un complejo de apartamentos en el área de Manhattan incorporando contenedores como parte fundamental de la propuesta. Los contenedores suelen ser objetos versátiles, preciados y prácticos.

No hay una norma que aplique la construcción usando contenedores de carga. Por lo cual se busca un uso de habitabilidad y ocupación de los seres humanos y mostrar si los contenedores son, o no son, seguros, para ser usados como materiales alternos de construcción, así mismo la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo que sean capaz de resistir, incrementar su resistencia con tal de preservar las vidas humana, por lo cual se propone un estudio para ver su comportamiento y acciones en el diseño estructural y que cumpla como estructura-sismo resistente el cual determine la posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil y como se explicó anteriormente resista a las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva y acciones accidentales como el viento y el sismo.

Una edificación diseñada siguiendo los requisitos que regulan las normas sismo-resistentes, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas ya que le imponen su uso, temblores de poca intensidad sin daños, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño en elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso. (Parágrafo ley 400 de 1997)

Las estructuras están tan vinculadas a nuestras vidas que, con pocos minutos de reflexión, es posible darse cuenta de que todo lo que vemos y manipulamos día a día es de alguna manera una estructura: las plantas, los animales, las viviendas, los muebles y casi todo lo que es fabricado por el hombre debe resistir fuerzas para no dañarse. En estudio de las estructuras Gordon (1999) Dice que no se debería preguntarse únicamente por que los puentes y los edificios no se caen, sino también: ¿Por qué los arboles tienen esas

formas?, ¿Por qué es tan grande el cráneo de un pájaro carpintero?, ¿Cómo funcionan los tendones?, ¿Por qué la sangre no se sale de las venas?, ¿Por qué los huesos son tan resistentes?, ¿Por qué la madera tiene astillas? o ¿Por qué los organismos biológicos tienen una membrana que los envuelve? (Gordon, 1999).

3.2 Marco geográfico

En esta parte se analizarán factores relevantes a la investigación que afectaran directamente al modelo, entre estos los datos relevantes e importantes son: la localización y tipo de suelo.

3.2.1 Geología general

El municipio de Pereira es conocido por su gran riqueza en caracteres aluviales, glaciares, flujos volcánicos (cenizas, lavas, lapilli), por este motivo los afloramientos rocosos son fácilmente identificables por su abrupta topografía que contrasta con las formas suavizadas de los depósitos.

En el municipio afloran diferentes tipos de rocas pertenecientes a las formaciones: Grupo Dibásico, Pórfido Dacítico de la Virginia, Zarzal, Cartago, La Paila, Pereira y los depósitos aluviales de los ríos Cauca y La Vieja.

3.3 Marco legal

Dentro del análisis específicamente para ESTRUCTURAS SISMO RESISTENTE basados en la constitución política y decretos de Colombia de 1991 las normas NSR-10 (norma sismo resistente colombiana) e ISO-1496-1 (International Organization for Standardization para contenedores marítimos) se presentan a continuación.

La comisión asesora permanente para uso de construcciones sismo-resistentes determina que las construcciones sean del material que sean, que cualquier sistema de diseño y construcción que haga referencia al objeto de la ley y sus reglamentos y del cual existe evidencia obtenida por uso, análisis o

experimentación que está capacitado para cumplir su propósito pero que no reúne uno o más requisitos específicos de la ley y sus reglamentos podrá presentarse ante la dependencia distrital o municipal a cargo de la expedición de las licencias de construcción, acompañado de una autorización de la comisión asesora permanente para el régimen de las construcciones sismo resistentes.

Es fundamental y de total importancia resaltar la normatividad aplicable al momento de elaborar un proyecto ya que es una guía para su información y desarrollo. En este trabajo se utilizaron las siguientes normas, leyes y decretos:

La Constitución de 1991

LEY 400 DEL 19 DE AGOSTO DE 1997: por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.

LEY 400 DEL 19 DE AGOSTO DE 1997, en su capítulo II habla mucho sobre los “materiales y elementos alternos de diseño y construcción” como se observa en los artículos de esta norma, que se permite el uso de materiales estructurales, métodos de diseño y de construcción diferentes, siempre y cuando se cumplan los requisitos establecidos en los artículos, en ella misma se permite el uso de materiales estructurales no previstos en esta ley y en sus reglamentos, mediante autorización previa de la “comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistente” se permite el uso de métodos de análisis y de diseño estructural diferentes a lo prescritos por la ley y sus reglamentos siempre y cuando el diseñador presente evidencia que la alternativa cumple con sus propósitos de seguridad, durabilidad y resistencia específicamente sísmica, y además se presente la documentación necesaria para la obtención de las licencias de construcción de la edificación.

LEY 1229 DEL 16 DE JULIO DE 2008: por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NSR-10: conjunto general de normas, criterios, metodologías, lineamientos y sistemas; Esta encargado de regular las condiciones que deben tener las construcciones con el fin de que las reacciones estructurales a un sismo sean las más adecuadas, siendo muy importante en el proyecto ya que por medio a ella se realizan las respectivas comparaciones y comprobaciones de la estructura y forma como deben desarrollarse los objetivos. Determinando si cumple o no con los parámetros mínimos estipulados.

ISO 668 DE 2013, establece las dimensiones internas y externas.

ISO 9001: establece los requisitos de sistema de gestión de calidad, consigue demostrar que la organización se está trabajando para el cliente.

ISO 1496-1: 2013: Se refiere a las especificaciones y requisitos de prueba del contenedor para su uso general como tipo cerrado, ventilado o abierto en el intercambio internacional en sus diferentes tipos de transporte que puede ser por carretera, férrea y mar. No hay ninguna norma técnica NTC que homologue los ISO contenedores para los fines descritos en su consulta, en el territorio nacional, no se tiene ningún tipo de normativa aplicable para las construcciones utilizando contenedores de carga como edificaciones, cuyo uso principal es de los seres humanos. Aun así el artículo 9 y 14 de la ley 400 de 1997 indica que se pueden usar otro tipo de materiales, la presente ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas así mismo que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que estas producen, reducir a un mínimo riesgo de la pérdida de las vidas humanas.

EL DECRETO 0075 DEL 23 DE ENERO DE 2013, reglamenta el cumplimiento de los porcentajes de suelo destinado a programas de Vivienda de Interés Social para predios sujetos a los tratamientos urbanísticos de desarrollo y renovación urbana. Según el art 44 de la Ley 9 de 1989, o de Reforma Urbana, las viviendas de interés social (VIS) son aquellas que se desarrollan para garantizar el derecho a la vivienda

de los hogares de menores ingresos, ordenaba que los recursos en dinero o en especie que destinará el Gobierno Nacional fuera para el desarrollo de obligaciones legales, para promover la vivienda de interés social se dirigirá prioritariamente a atender la población más pobre del país, definición que conservó la Ley 388 de 1997.

El presidente de la República de Colombia en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales, las que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y, en desarrollo de los dispuesto en los artículos 8°, 15,18,21,91 y 92 de la Ley 388 de 1997; 117 y 121 de la Ley 1450 de 2011, y 46 de la Ley 1537 de 2012, y considerando: que la vivienda de interés social (VIS) e interés social prioritaria con la vinculación con los tratamientos urbanísticos previstos por los Planes de Ordenamiento Territorial y otros.

DECRETO 2525 DEL 13 DE JULIO DE 2013: por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010 y se dictan otras disposiciones.

DECRETO 583 DEL 4 DE ABRIL DE 2017: por el cual se modifica parcialmente el Decreto número 1077 de 2015 en lo relacionado con las características de la vivienda de interés social y prioritario en tratamiento de renovación urbana, los requisitos de solicitud y trámite de las licencias urbanísticas y las cesiones anticipadas.

4. Diseño metodológico

4.1 Tipo de investigación

Presenta un enfoque experimental ya que busca la modelación y obtención de resultados de una estructura poco convencional la cual no se ha analizado anteriormente.

4.2 Diseño

En el proyecto investigativo presentado se determinan variables estructuradas para desarrollar el análisis estructural, por lo cual se puede establecer que está dentro de un marco de una investigación experimental.

Se cataloga como una investigación de tipo experimental debido a que permite crear condiciones controladas, determinando propiedades que afectan directamente del objeto de estudio; las cuales sirven para realizar una simulación de un sismo; esta modelación muestra los resultados de cargas, reacciones, deformaciones y desplazamientos de los elementos estructurales de interés, según las características de dichos elementos como los es el material y la sección transversal asignada.

Como información general para este entorno controlado se va a determinar la ubicación de la estructura en la ciudad de Pereira, Risaralda, para un tipo de suelo con perfil estratigráfico tipo D y un grupo de uso uno; todo esto para simular un ambiente poco favorable para la estructura a analizar.

El proyecto se desarrolla en las siguientes fases:

4.2.1 Fase 1: Revisión de antecedentes de construcciones a base de contenedores.

En esta fase se hará una recolección de información referente a la construcción a base de contenedores marítimos tanto local como regionalmente, para conocer si existen investigaciones, análisis estructurales o prototipos referente al uso de estas estructuras en el área residencial.

4.2.2 Fase 2: Identificación de normativa aplicable.

Continuando con esta fase se identifican las limitaciones y consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de analizar la una estructura para uso residencial principalmente especificadas por la norma sismo resistente colombiana (NSR-10), como también las consideraciones que expresa la norma ISO 1496-1 la cual expresa especificaciones de contenedores marítimos.

4.2.3 Fase 3: Definición de método para de analizar de la estructura.

En esta fase se expresa el método por el cual se modelo y analizo la estructura, el cual es el método de análisis modal espectral

4.2.4 Fase 4: Modelación de la estructura a analizar y asignación de factores que afectan la estructura.

Para esta fase ya se tendrán identificados los elementos estructurales y no estructurales que conforman dicho contenedor, los casos de carga, las combinaciones de carga, la definición de la fuerza sísmica que va a afectar a la estructura, en base a factores, coeficientes, variables definidos por la normatividad de rige el análisis estructural.

4.2.5 Fase 5: Obtención y análisis de resultados

En cuanto a la obtención de resultados se tiene de herramienta el software SAP 2000, el cual arroja resultados una vez el modelo esté listo para analizarse, dichos resultados se exportan a libros de Excel donde se realizan los cálculos pertinentes según las respuestas que se deseen obtener teniendo en cuenta la normatividad.

4.3 Procedimiento para obtención de resultados.

Aquí se mostrará y explicará los elementos de recolección de datos que se usarán para poder reunir información pertinente al tema el cual se está estudiando, y así poder presentar una muestra y un paso a paso de lo que se obtenga y mostrarlo como mejor convenga.

4.3.1 Valores para determinar espectro de diseño.

Para el análisis del modelo del contenedor, este se plantea en la ciudad de Pereira - Risaralda; con esta información se entra al Título A de la norma sismo resistente (NSR-10) para obtener los valores de:

- La aceleración horizontal efectiva (A_a).
- Los valores de la velocidad horizontal efectiva (A_v).
- Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio (F_a).
- Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio (F_v).
- Coeficiente de importancia según el grupo de uso al que pertenezca la edificación.
- Espectro de diseño.

4.3.2 Valores de aceleración horizontal efectiva (A_a) y valores de velocidad horizontal efectiva (A_v).

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Ilustración 3: Valores de A_a y A_v para Pereira

Fuente: NSR-10, 2010

Se define un A_a igual a cero punto veinticinco (0.25) y un A_v igual a cero punto veinticinco (0.25) ya que el análisis se hará para una vivienda construida en la ciudad de Pereira.

4.3.3 Valores de amplificación debido al suelo, para periodos cortos y periodos cortos del espectro.

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Ilustración 4: Valores de F_a para suelo tipo D

Fuente: NSR-10, 2010

Con un A_a de 0.25 se obtiene:

$$F_a = \frac{1.4 + 1.2}{2} = 1.3$$

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Ilustración 5: Valores de F_v para suelo tipo D

Fuente: NSR-10, 2010

Con un Av de 0.25 se obtiene:

$$F_v = \frac{2.0 + 1.8}{2} = 1.9$$

4.3.4 Grupo de uso de la estructura, y coeficiente de importancia

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Ilustración 6: Valores del coeficiente de importancia

Fuente: NSR-10, 2010

Se define un coeficiente de importancia igual a uno (1.00) ya que el análisis se hará para una vivienda familiar, la cual se interpreta como grupo de ocupación normal.

4.3.5 Digitación de valores para definir el espectro de diseño.

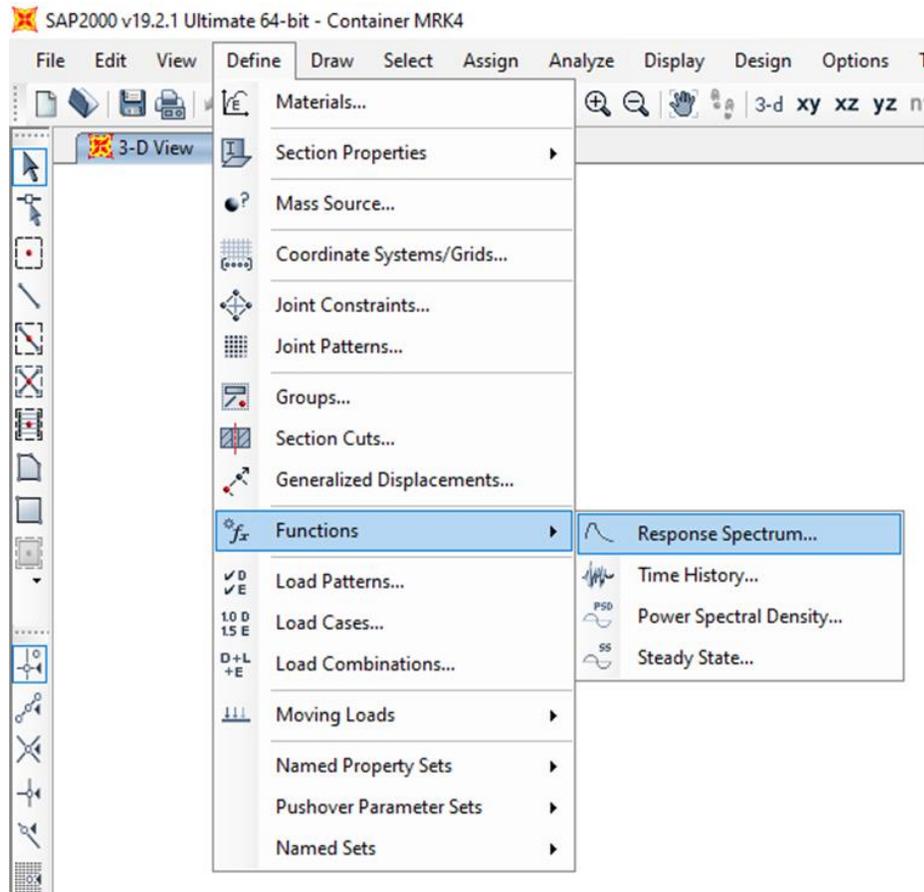


Ilustración 7: Ruta para definir espectro de diseño

Fuente: Propia

Colombia NSR-10 Function Definition

Function Name: Function Damping Ratio:

Parameters

Effective Peak Acceleration, A_a :

Effective Peak Velocity, A_v :

Reduced Effective Peak Acceleration, A_e :

Eff. Peak Accel. for Damage Threshold, A_d :

Group of Use:

Amplification Factor for Acceleration, F_a :

Amplification Factor for Velocity, F_v :

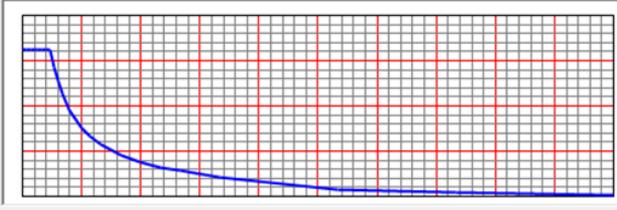
Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.8125
0.1	0.8125
0.2	0.8125
0.3	0.8125
0.4	0.8125
0.5	0.8125
0.6	0.8125
0.7	0.8125
0.8	0.7125
0.9	0.6333
1.	0.57
1.2	0.475
1.5	0.38
1.7	0.3353

Add
Modify
Delete

Function Graph



Display Graph

OK Cancel

Ilustración 8: Coeficientes digitados

Fuente: Propia

4.3.6 Cargas que afectan el container.

Caso de carga muerta (C.M): se define como el peso neto del contenedor según la especificación de la norma ISO 1496-1, el cual es igual a tres mil quinientos setenta kilogramos (3570 Kg).

Caso de carga viva (C.V): como se definió anteriormente que la estructura seria destinada para una vivienda familiar, el tipo de carga viva aplicada será para uso residencial, según el título B de la norma NSR-10.

Valores de carga viva mínima uniformemente distribuida en cuartos privados y corredores para ocupación residencial.

Tabla B.4.2.1-1
Cargas vivas minimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
<i>Reunión</i>	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
<i>Oficinas</i>	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
<i>Educativos</i>	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
<i>Fábricas</i>	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
<i>Institucional</i>	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
<i>Comercio</i>	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
<i>Residencial</i>	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
<i>Almacenamiento</i>	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
<i>Garajes</i>	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
<i>Coliseos y Estadios</i>	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

Ilustración 9: Valores de carga viva uniformemente distribuida

Fuente: NSR-10, 2010

Carga viva en cuartos privados y sus corredores

$$C.V. \text{ cuartos y corredores} = 180 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Tabla B.4.2.1-2
Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

Nota-1 — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

Ilustración 10: Carga viva para cubiertas.

Fuente: NSR-10, 2010.

Carga viva para cubiertas:

$$C.V. \text{ cubierta} = 50 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Para el caso de carga viva se tomarán los valores anteriormente determinados, serán modelados en SAP 2000 como cargas distribuidas sobre un área; en una membrana que simulará una losa de entrepiso la cual distribuye la fuerza ejercida a vigas y columnas de la estructura.

Caso de carga sobre impuesta (SD): se define como el peso de elementos no estructurales como la cubierta y los muros en particiones livianas.

Tabla B.3.4.1-4
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – cubiertas

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubierta		
Cobre o latón	0.05	5
Cubiertas aislantes		
Fibra de vidrio	0.0020 (por mm de espesor)	2.0 (por cm de espesor)
Tableros de fibra	0.0030 (por mm de espesor)	3.0 (por cm de espesor)
Perlita	0.0015 (por mm de espesor)	1.5 (por cm de espesor)
Espuma de poliestireno	0.0005 (por mm de espesor)	0.5 (por cm de espesor)
Espuma de poliuretano	0.0010 (por mm de espesor)	1.0 (por cm de espesor)
Cubiertas corrugadas de asbesto-cemento	0.20	20
Entablado de madera	0.0060 (por mm de espesor)	6.0 (por cm de espesor)
Láminas de yeso, 12 mm	0.10	10
Madera laminada (según el espesor)	0.0100 (por mm de espesor)	10.0 (por cm de espesor)
Membranas impermeables:		
Bituminosa, cubierta de grava	0.25	25
Bituminosa, superficie lisa	0.10	10
Líquido aplicado	0.05	5
Tela asfáltica de una capa	0.03	3
Marquesinas, marco metálico, vidrio de 10 mm	0.40	40
Tableros de fibra, 12 mm	0.05	5
Tableros de madera, 50 mm	0.25	25
Tableros de madera, 75 mm	0.40	40
Tablero metálico, calibre 20 (0.9 mm de espesor nominal)	0.08	8
Tablero metálico, calibre 18 (1.2 mm de espesor nominal)	0.08	8
Tablillas (shingles) de asbesto – cemento	0.20	20
Tablillas (shingles) de asfalto	0.10	10
Tablillas (shingles) de madera	0.15	15
Teja de arcilla, incluyendo el mortero	0.80	80

Ilustración 11: Carga SD para cubierta de asbesto-cemento

Fuente: NSR-10, 2010

$$S. D: \text{cubierta} = 20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Tabla B.3.4.2-2
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales – particiones livianas

Componente	Carga (kN/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kg/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kg/m)
Particiones livianas		
Particiones móviles de acero (altura parcial)	0.50	50
Particiones móviles de acero (altura total)	0.20	20
Poste en madera o acero, yeso de 12 mm a cada lado	0.90	90
Poste en madera, 50 x 100, sin pañetar	0.30	30
Poste en madera, 50 x 100, pañete por un lado	0.60	60
Poste en madera, 50 x 100, pañete por ambos lados	2.00	200

Ilustración 12: Carga SD para poste de madera o acero, yeso de 12 mm a cada lado

Fuente: NSR-10, 2010

$$S. D: \text{particiones livianas} = 90 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Para el caso de carga sobreimpuesta se tomarán los valores anteriormente determinados, serán modelados en SAP 2000 como cargas distribuidas sobre un área; en una membrana que simulará una losa de entrepiso la cual distribuirá la fuerza ejercida a vigas y columnas de la estructura.

4.3.7 Propiedades físicas y mecánicas del material del container.

Tabla B.3.2-1
Masas de los materiales

Material	Densidad (kg/m ³)	Material	Densidad (kg/m ³)
Acero	7 800	Mortero de inyección para mampostería	2 250

Ilustración 13: Densidades de los materiales

Fuente: NSR-10, 2010

Densidad del acero A-500 grado C: 7800 Kg/m³

Módulo de elasticidad: 2'100.000 Kg/cm²

Coefficiente de Poisson: 0.3

Coefficiente de expansión térmico: 1.17×10^{-5}

Los elementos estructurales posteriormente definidos están hechos con un acero A-500 grado C, según la norma ASTM y la norma ISO 1496-1

PROPIEDADES MECÁNICAS REQUERIDAS POR ASTM A-500 GRADO C		
ESFUERZOS	REDONDOS	CUADRADOS Y RECTANGULARES
Fluencia F_y	3,241 kg/cm ²	3,522 kg/cm ²
Último F_u	4,348 kg/cm ²	4,368 kg/cm ²
Elongación en 2"	21%	21%

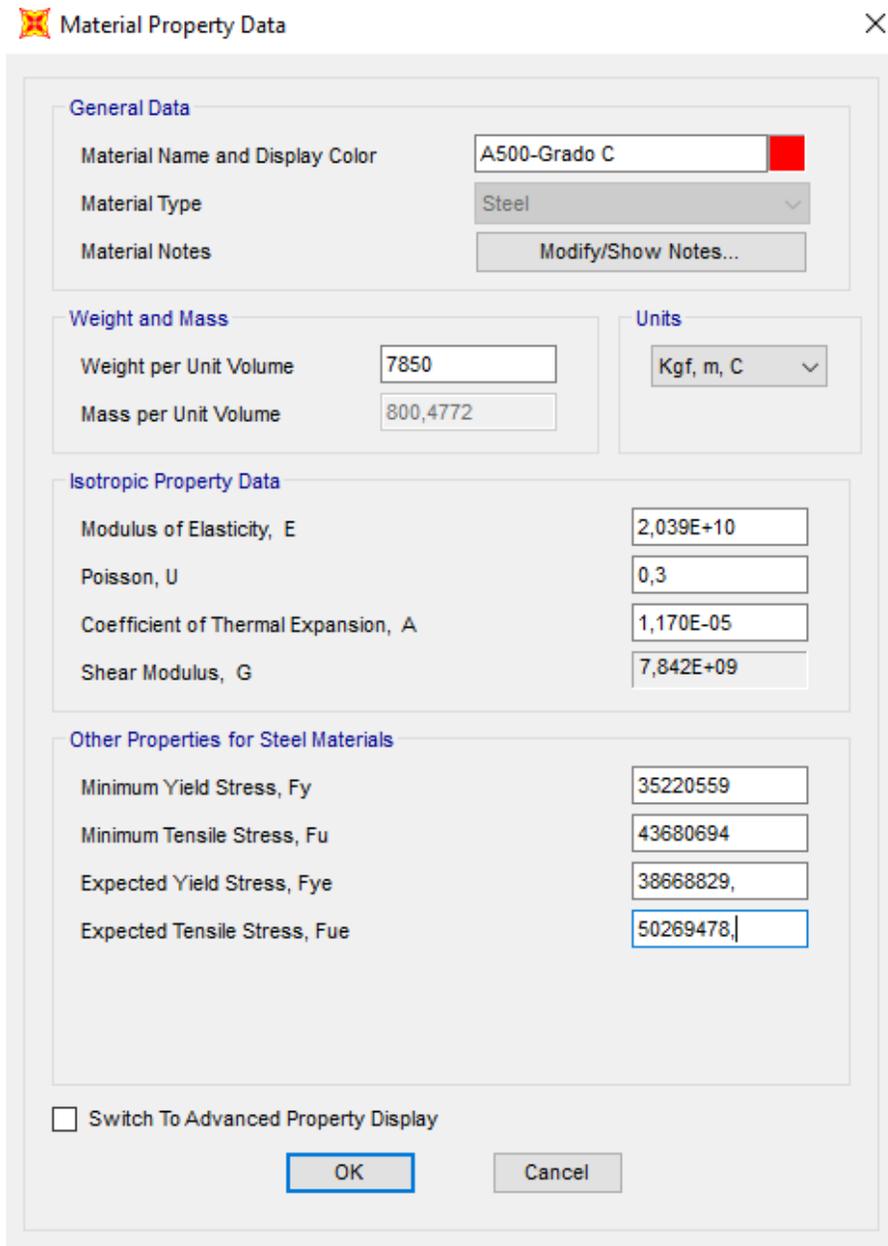
Ilustración 14: Propiedades mecánicas

Fuente: Colmena.

Según la tabla anterior:

Esfuerzo a la fluencia: 3522 Kg/cm²

Esfuerzo Ultimo a la fluencia: 4368 Kg/cm²

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections: "General Data", "Weight and Mass", "Units", "Isotropic Property Data", and "Other Properties for Steel Materials". Each section contains input fields for various material properties. At the bottom, there is a checkbox for "Switch To Advanced Property Display" and two buttons: "OK" and "Cancel".

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	A500-Grado C
	Material Type	Steel
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7850
	Mass per Unit Volume	800,4772
Units	Units	Kgf, m, C
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2,039E+10
	Poisson, U	0,3
	Coefficient of Thermal Expansion, A	1,170E-05
	Shear Modulus, G	7,842E+09
Other Properties for Steel Materials	Minimum Yield Stress, Fy	35220559
	Minimum Tensile Stress, Fu	43680694
	Expected Yield Stress, Fye	38668829,
	Expected Tensile Stress, Fue	50269478,

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 15: Definición del material

Fuente: Propia.

4.3.8 Identificación de las secciones que conforman el contenedor

Para la obtención de un modelo preciso y lo más acercado a la realidad en cuanto a los resultados; el dibujo de las secciones que componen los contenedores marítimos, como lo son las vigas, columnas, paneles y apoyos. Las dimensiones de dichas secciones fueron modeladas según lo contempla la normativa de la ISO 4196-1.

A continuación, se mostrarán las secciones con sus respectivas dimensiones y espesores, elementos con secciones transversales asimétricas o irregulares fueron modeladas por medio de “section designer”, herramienta que ofrece el SAP 2000 cuando se presentan estos casos; a cada una de estas secciones se les asigno el material anteriormente definido.

Viga inferior delantera y trasera.

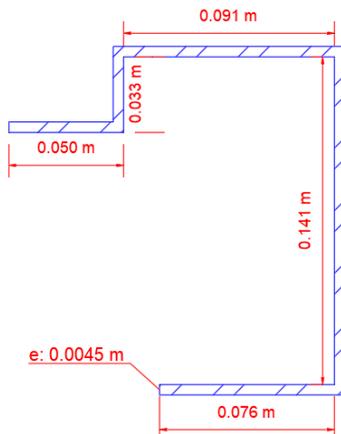


Ilustración 16: Dimensiones de viga inferior delantera y trasera.

Fuente: Propia.

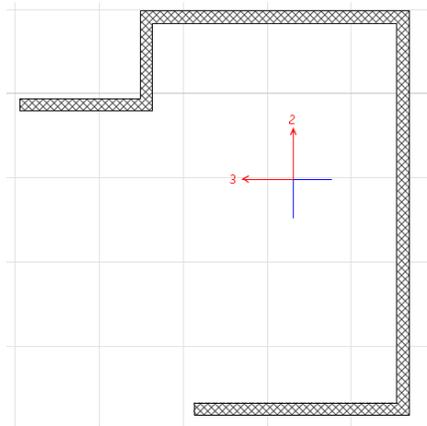


Ilustración 17: Viga inferior delantera y trasera modelada en SAP 2000.

Fuente: Propia.

Viga transversal del piso.

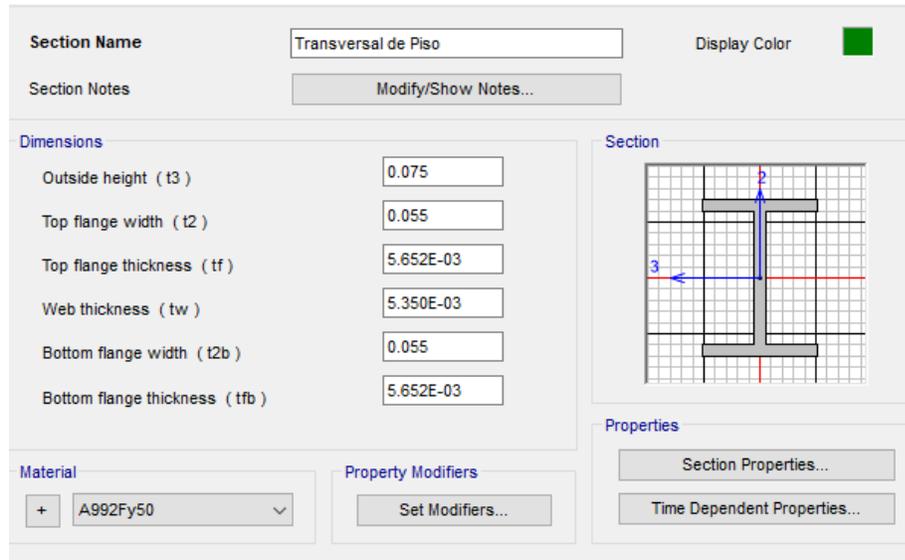


Ilustración 18: Viga transversal de piso modelada en SAP 2000

Fuente: Propia.

Panel trasero.

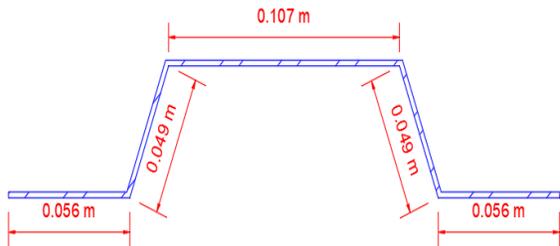


Ilustración 19: Dimensiones de panel trasero

Fuente: Propia

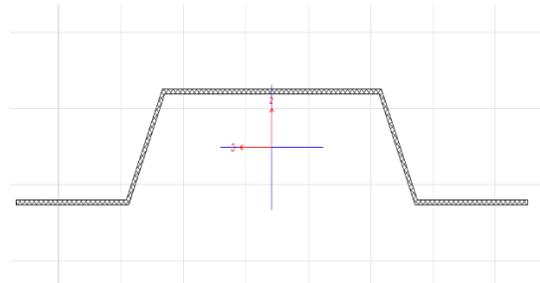


Ilustración 20: Panel trasero modelado en SAP 2000.

Fuente: Propia.

Panel lateral.

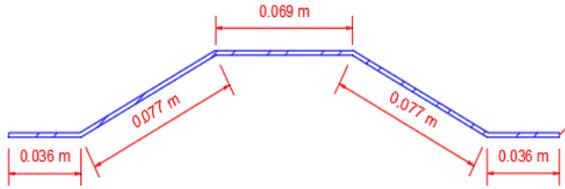


Ilustración 21: Dimensiones paneles laterales (Propia)

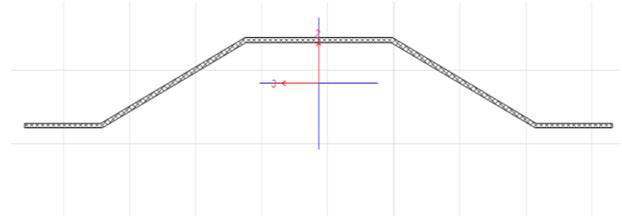


Ilustración 22: Paneles laterales modelados en SAP 2000 (Propia)

Columnas traseras.

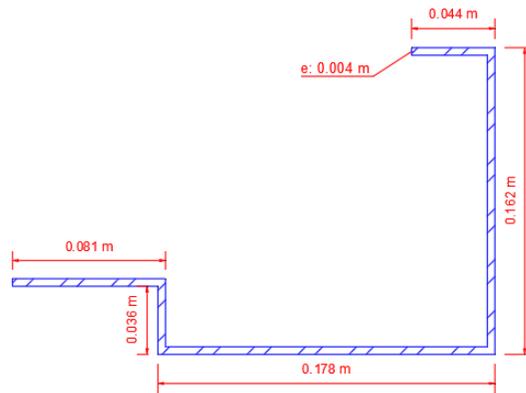


Ilustración 23: Dimensiones de columna trasera

Fuente: Propia.

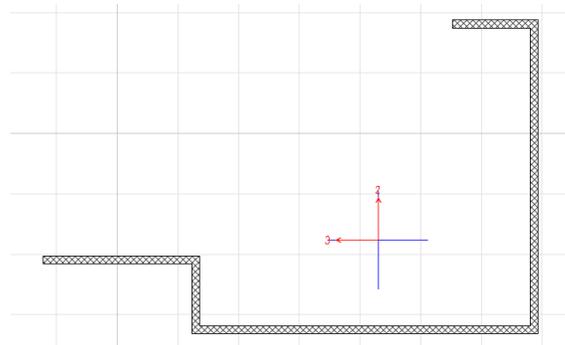


Ilustración 24: Columna trasera modelada en SAP 2000

Fuente: Propia.

Columnas delanteras.

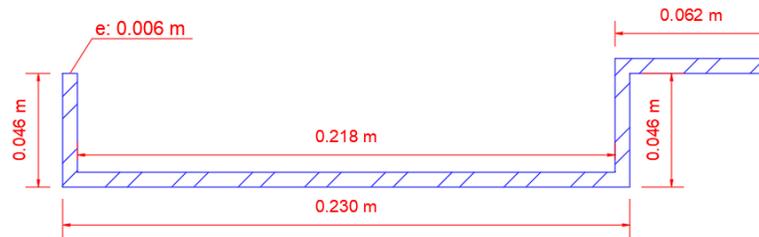


Ilustración 25: Dimensiones columna delantera

Fuente: Propia.

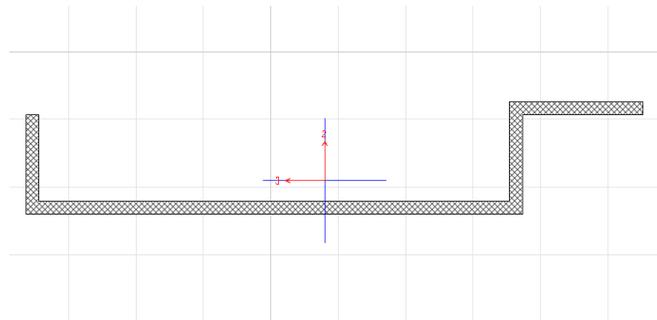


Ilustración 26: Columna trasera modelada en SAP 2000

Fuente: Propia.

Apoyos en las esquinas.

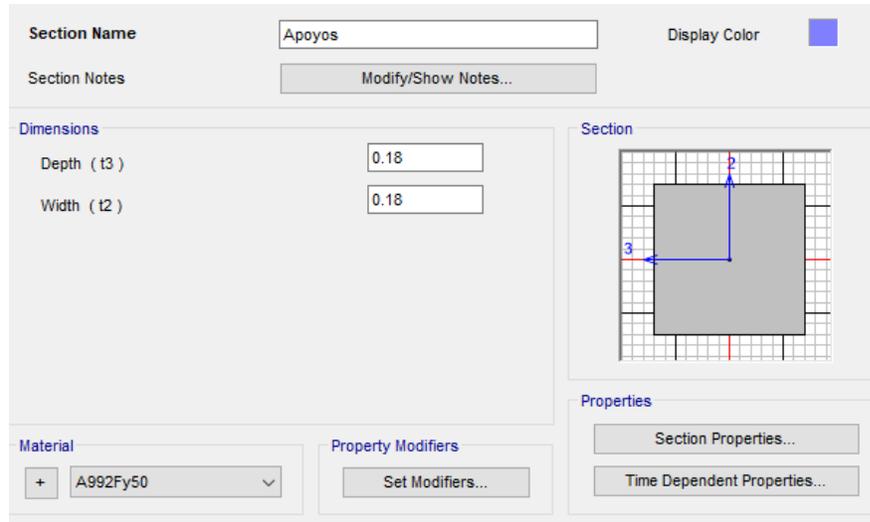


Ilustración 27: Apoyos en las esquinas modelados en SAP 2000

Fuente: Propia.

Viga superior delantera.

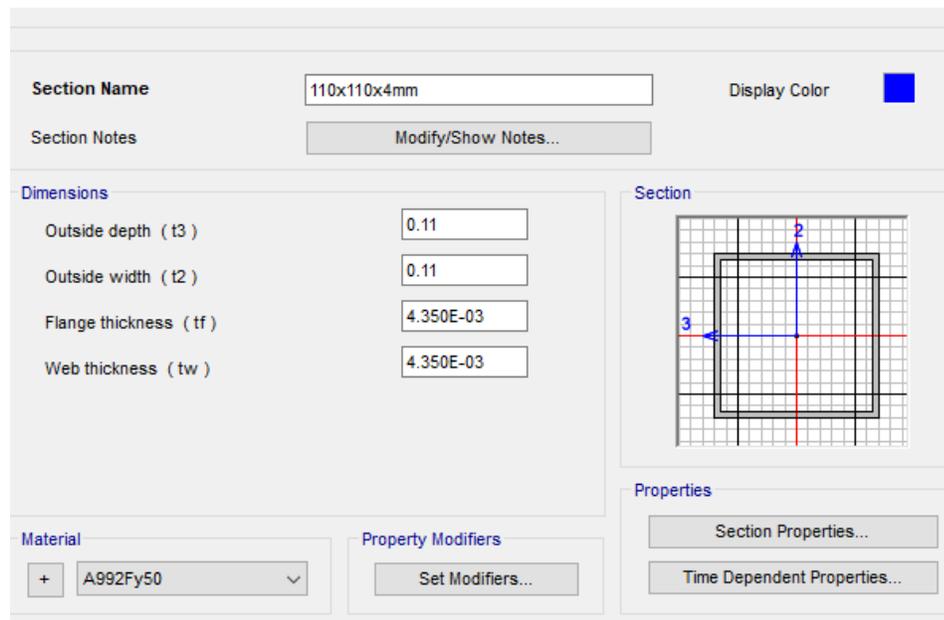


Ilustración 28: Viga delantera superior modelada en SAP 2000

Fuente: Propia.

Vigas superiores laterales y trasera.

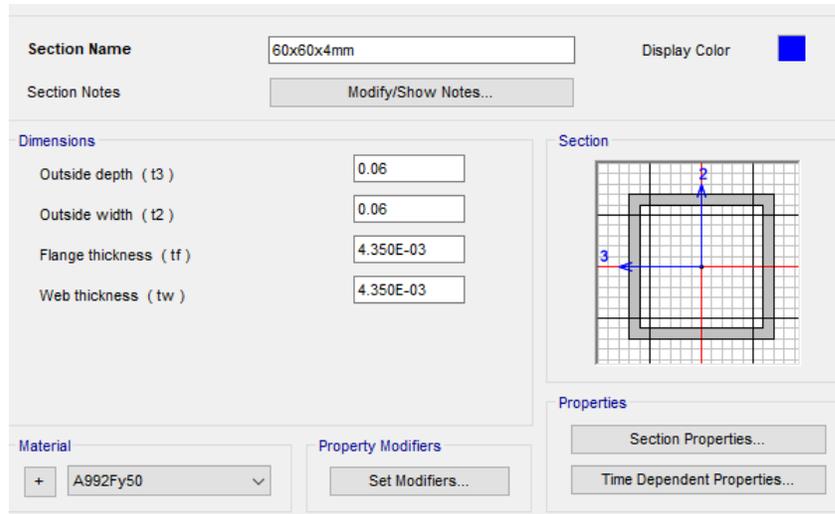


Ilustración 29: Vigas laterales y trasera modelada en SAP 2000

Fuente: Propia.

Vigas inferiores laterales.

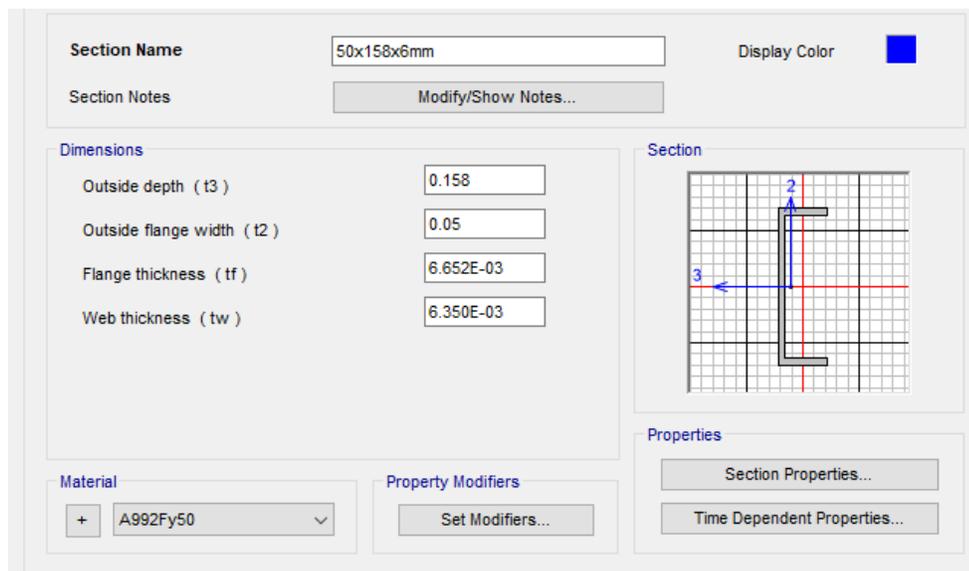


Ilustración 30: Vigas inferiores laterales modeladas en SAP 2000

Fuente: Propia.

4.3.8 Dibujo del contenedor en SAP 2000.

Para modelar el contenedor en el software SAP 2000 se dibuja el contenedor que tiene las dimensiones de 2.44m de ancho por 12.20m de alto con una altura de 2.59m, para esto se emplean las columnas delanteras, columnas traseras, vigas inferiores delanteras, vigas inferiores traseras, vigas superiores laterales, viga superior trasera, viga superior delantera, vigas inferiores laterales y apoyos en las esquinas; elementos que conforman el esqueleto de la estructura.

En cuanto a los paneles laterales, panel trasero, panel delantero y viga transversal de piso son elementos adicionales que conforman la estructura y van soldados al esqueleto.

Ejes principales.

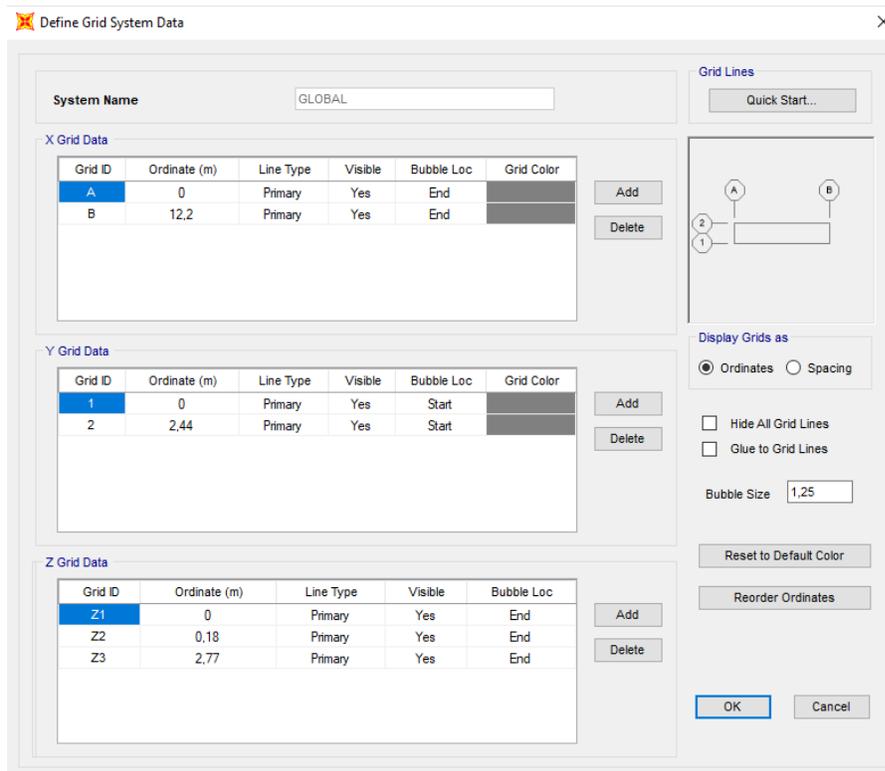


Ilustración 31: Ejes principales de la estructura

Fuente: Propia.

Vista en 3D con todas sus secciones dibujadas.

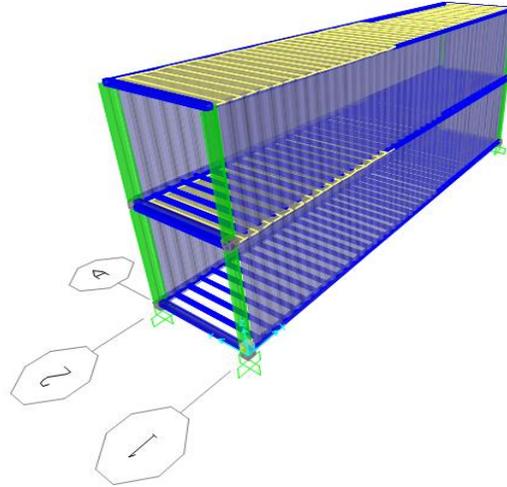


Ilustración 32: Vista 3D del modelo

Fuente: Propia.

4.3.9 Definición de los patrones de carga

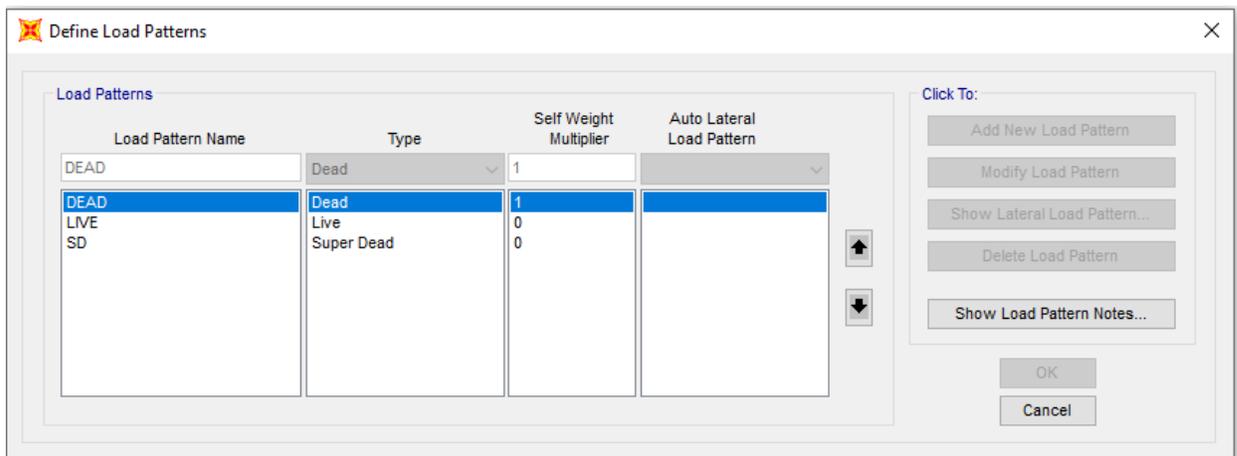


Ilustración 33: Patrones de carga

Fuente: Propia.

>Se le asigna un multiplicador de peso de carga muerta de uno (1), para que el software haga el cálculo de esta.

>Se le asigna un multiplicador de peso de carga viva de cero (0), para asignársela posteriormente según los cuadros de carga viva del título B de la NSR-10.

>Se le asigna un multiplicador de peso de carga sobre impuesta de cero (0), para asignársela posteriormente según los cuadros de carga muerta de elementos no estructurales del título B de la NSR-10.

4.3.10 Definición de los casos de carga.

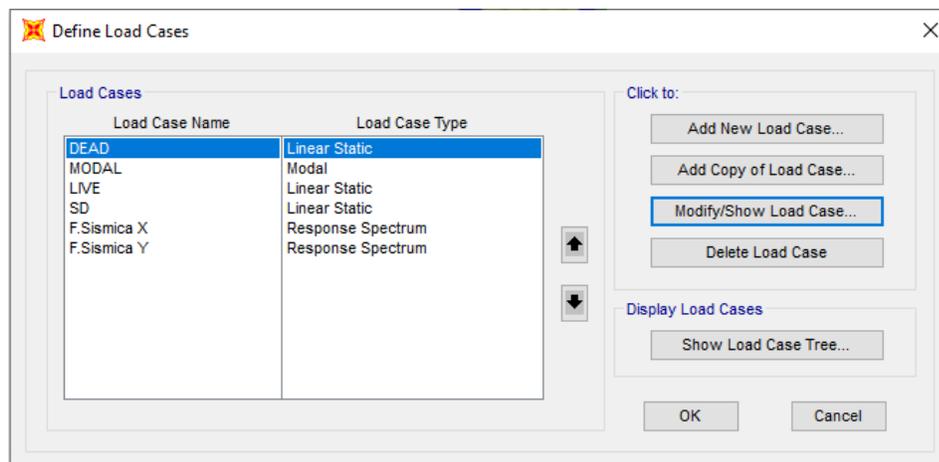


Ilustración 34: Casos de carga

Fuente: Propia.

Carga muerta.

The screenshot shows the 'Load Case Data - Linear Static' dialog box. The 'Load Case Name' field contains 'DEAD'. The 'Load Case Type' is set to 'Static'. Under 'Stiffness to Use', 'Zero Initial Conditions - Unstressed State' is selected. The 'Analysis Type' is 'Linear'. The 'Mass Source' is 'CONT'. The 'Loads Applied' table is as follows:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1,
Load Pattern	DEAD	1,

Ilustración 35: Caso de carga muerta

Fuente: Propia.

Carga viva.

The screenshot shows the 'Load Case Data - Linear Static' dialog box. The 'Load Case Name' field contains 'LIVE'. The 'Load Case Type' is set to 'Static'. Under 'Stiffness to Use', 'Zero Initial Conditions - Unstressed State' is selected. The 'Analysis Type' is 'Linear'. The 'Mass Source' is 'CONT'. The 'Loads Applied' table is as follows:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	LIVE	1,
Load Pattern	LIVE	1,

Ilustración 36: Caso de carga viva

Fuente: Propia.

Carga sobre impuesta.

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name: SD

Notes:

Load Case Type: Static

Stiffness to Use:

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Mass Source: CONT

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SD	1.
Load Pattern	SD	1.

Ilustración 37: Caso de carga sobre impuesta

Fuente: Propia.

4.3.11 Fuerza sísmica

Para el análisis de este caso de carga se aplica lo expresado en el NSR-10, en el título A en el numeral A.5.4.4 COMBINACION DE LOS MODOS. “Las respuestas máximas obtenidas para cada modo, m , de las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos, deben combinarse utilizando métodos apropiados y debidamente sustentados, tales como el de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados u otros. Debe tenerse especial cuidado cuando se calculen las combinaciones de las derivas, calculando la respuesta máxima de la deriva causada por cada modo independientemente y combinándolas posteriormente. No es permitido obtener las derivas totales a partir de deflexiones horizontales que ya han sido combinadas. Cuando se utilicen modelos matemáticos de análisis tridimensional deben tenerse en cuenta los efectos de interacción modal, tales como la combinación cuadrática total.” (NSR-10, 2010)

Fuerza sísmica en X.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: F.Sismica X Set Def Name Modify/Show...

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1: 1, Periodic + Rigid Type: SRSS

GMC f2: 0,

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Espectro Per	9,81
Accel	U1	Espectro Pereira	9,81

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Mass Source: Previous (CONT)

Diaphragm Eccentricity:

Eccentricity Ratio: 0, Override...

Override Eccentricities: Override...

OK Cancel

Ilustración 38: Fuerza sísmica en sentido X

Fuente: Propia.

Fuerza sísmica en Y.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: F.Sismica Y Set Def Name Modify/Show... Notes

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1: 1, GMC f2: 0, Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Mass Source: Previous (CONT)

Diaphragm Eccentricity:

Eccentricity Ratio: 0, Override Eccentricities Override...

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	Espectro Per	9,81
Accel	U2	Espectro Pereira	9,81

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

OK Cancel

Ilustración 39: Fuerza sísmica en sentido Y

Fuente: Propia.

4.3.11 Combinación de cargas

Según la NSR-10 para las combinaciones de carga, expresado en numeral B.2.3:

Combinaciones de carga para ser utilizadas con el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio; la cual es una unidad de esfuerzo máximo admitido para el cálculo de un elemento estructural que depende de una carga de trabajo.

Se consideran todas las combinaciones que en su fórmula tenga la fuerza sísmica (E)

$$D + F \quad (B.2.3-1)$$

$$D + H + F + L + T \quad (B.2.3-2)$$

$$D + H + F + (L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-3)$$

$$D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-4)$$

$$D + H + F + W \quad (B.2.3-5)$$

$$D + H + F + 0.7E \quad (B.2.3-6)$$

$$D + H + F + 0.75W + 0.75L + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-7)$$

$$D + H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-8)$$

$$0.6D + W + H \quad (B.2.3-9)$$

$$0.6D + 0.7E + H \quad (B.2.3-10)$$

Deben considerarse los efectos más desfavorables de viento y de sismo tomándolos independientemente.

Ilustración 40: Combinaciones de carga.

Fuente: NSR-10, 2010

B.2.3.2.1 — Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de diseño

— Para evaluar las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del capítulo A.6, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas F_s , sin haber sido divididas por R , empleando $1.0E$ en vez de $0.7E$ en las ecuaciones que incluyan E en B.2.3.

Ilustración 41: Verificación de derivas por el método de esfuerzo de trabajo

Fuente: NSR-10, 2010

A continuación, se muestran la lista de las combinaciones presentes en el modelo.

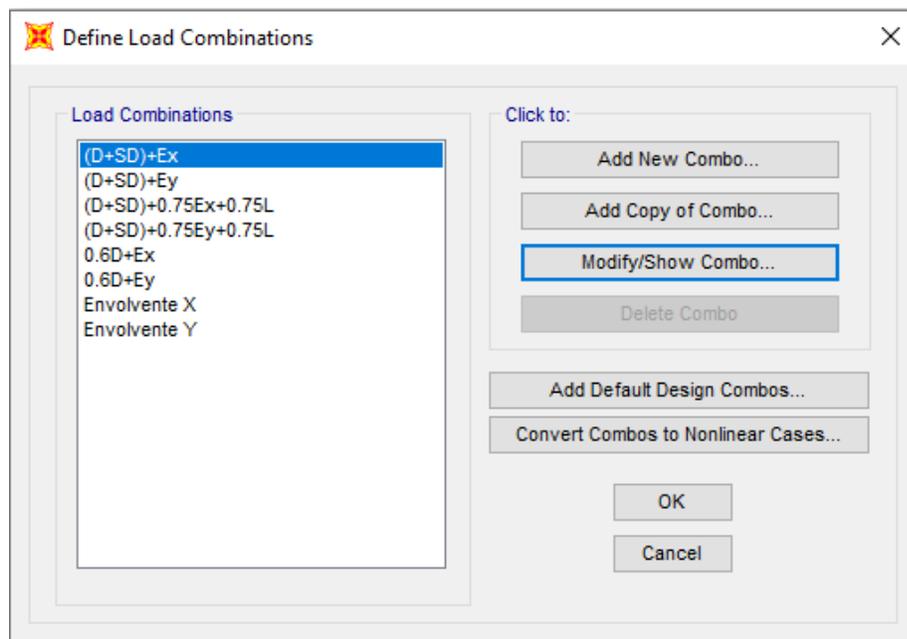


Ilustración 42: Combinaciones de carga presentes en el modelo

Fuente: Propia.

Combinación 1: (D + SD) + Ex.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) (D+SD)+Ex

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

Convert to User Load Combo Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1,
DEAD	Linear Static	1,
F.Sismica X	Response Spectrum	1,
SD	Linear Static	1,

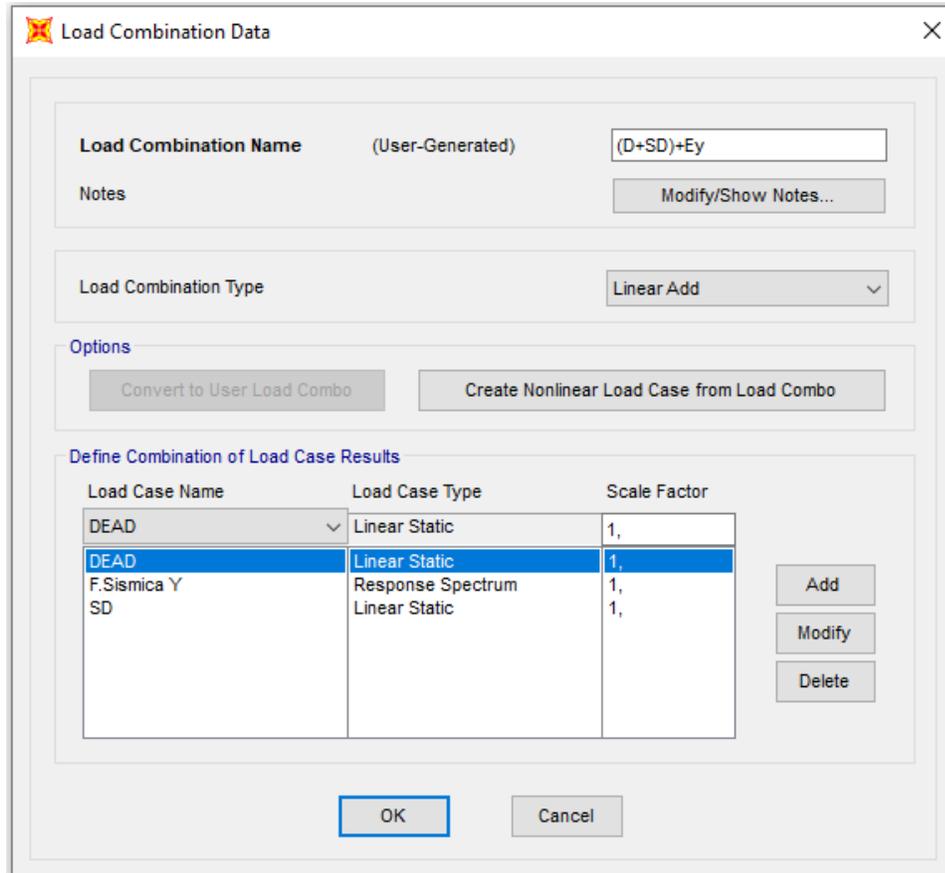
Add
Modify
Delete

OK Cancel

Ilustración 43: Combinación 1

Fuente: Propia.

Combinación 2: (D + SD) + Ey.



Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) (D+SD)+Ey

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

Convert to User Load Combo Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1,
DEAD	Linear Static	1,
F.Sismica Y	Response Spectrum	1,
SD	Linear Static	1,

Add
Modify
Delete

OK Cancel

Ilustración 44: Combinación 2

Fuente: Propia.

Combinación 3: $(D + SD) + 0.75Ex + 0.75L$.

Load Combination Data [X]

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type [v]

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD [v]	Linear Static	1,
DEAD	Linear Static	1,
SD	Linear Static	1,
F.Sismica X	Response Spectrum	0,75
LIVE	Linear Static	0,75

Ilustración 45: Combinación 3

Fuente: Propia.

Combinación 4: $(D + SD) + 0.75E_y + 0.75L$.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1,
DEAD	Linear Static	1,
SD	Linear Static	1,
F.Sismica Y	Response Spectrum	0,75
LIVE	Linear Static	0,75

Ilustración 46: Combinación 4

Fuente: Propia.

Combinación 5: $0.6(D + SD) + Ex.$

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	0,6
DEAD	Linear Static	0,6
SD	Linear Static	0,6
F.Sismica X	Response Spectrum	1,

Ilustración 47: Combinación 5

Fuente: Propia.

Combinación 6: $0.6 (D + SD) + E_y$.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	0,6
DEAD	Linear Static	0,6
SD	Linear Static	0,6
F.Sismica Y	Response Spectrum	1,

Ilustración 48: Combinación 6

Fuente: Propia.

Envolvente en X: contiene las combinaciones anteriores solo en el sentido X.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): Envolvente X

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Envelope

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
0.6D+Ex	Combination	1,
0.6D+Ex	Combination	1,
(D+SD)+Ex	Combination	1,
(D+SD)+0.75Ex+0.75L	Combination	1,

Add, Modify, Delete

OK, Cancel

Ilustración 49: Envolvente en sentido X

Fuente: Propia.

Envolvente en Y: contiene las combinaciones anteriores solo en el sentido Y.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): Envolvente Y

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Envelope

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
0.6D+Ey	Combination	1,
0.6D+Ey	Combination	1,
(D+SD)+Ey	Combination	1,
(D+SD)+0.75Ey+0.75L	Combination	1,

Add, Modify, Delete

OK, Cancel

Ilustración 50: Envolvente en sentido Y

Fuente: Propia.

4.3.12 Asignación de cargas.

Asignación de carga Sobre Impuesta.

Assign Area Uniform Loads

General

Load Pattern: SD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Uniform Load

Load: 20 kgf/m²

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Ilustración 51: Carga SD en cubierta
Fuente: Propia.

Assign Area Uniform Loads

General

Load Pattern: SD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Uniform Load

Load: 170 kgf/m²

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

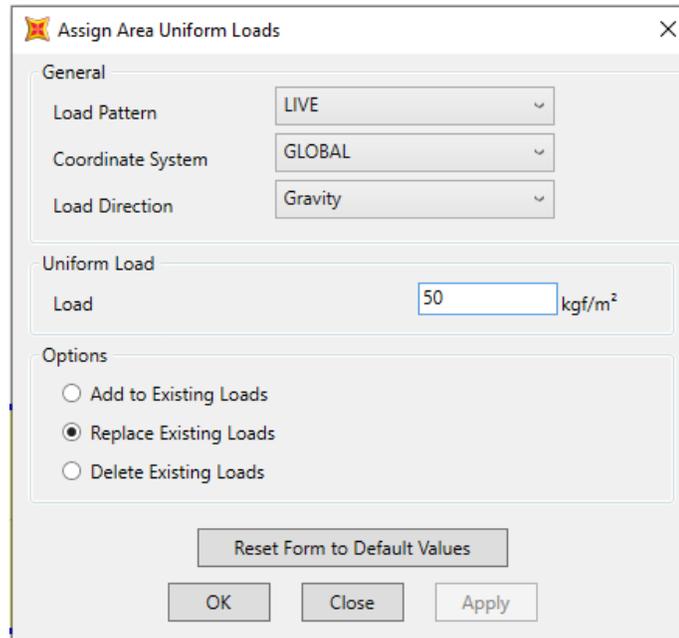
Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Ilustración 52: Carga SD en nivel intermedio
Fuente: Propia.

Asignación de carga viva.

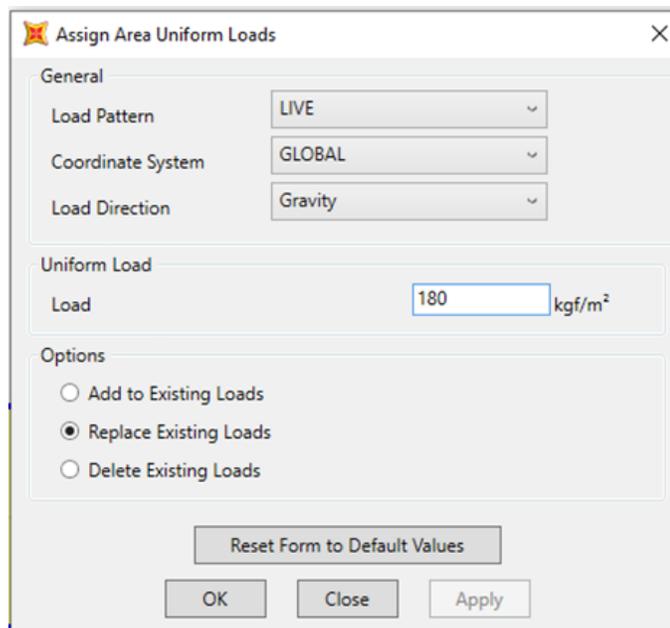


The screenshot shows a dialog box titled "Assign Area Uniform Loads" with a close button (X) in the top right corner. It is divided into three sections: "General", "Uniform Load", and "Options".

- General:** Contains three dropdown menus: "Load Pattern" set to "LIVE", "Coordinate System" set to "GLOBAL", and "Load Direction" set to "Gravity".
- Uniform Load:** Contains a text input field for "Load" with the value "50" and the unit "kgf/m²".
- Options:** Contains three radio buttons: "Add to Existing Loads" (unselected), "Replace Existing Loads" (selected), and "Delete Existing Loads" (unselected).

At the bottom of the dialog, there is a "Reset Form to Default Values" button, and three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

Ilustración 53: Carga viva en cubierta
Fuente: Propia.



The screenshot shows a dialog box titled "Assign Area Uniform Loads" with a close button (X) in the top right corner. It is divided into three sections: "General", "Uniform Load", and "Options".

- General:** Contains three dropdown menus: "Load Pattern" set to "LIVE", "Coordinate System" set to "GLOBAL", and "Load Direction" set to "Gravity".
- Uniform Load:** Contains a text input field for "Load" with the value "180" and the unit "kgf/m²".
- Options:** Contains three radio buttons: "Add to Existing Loads" (unselected), "Replace Existing Loads" (selected), and "Delete Existing Loads" (unselected).

At the bottom of the dialog, there is a "Reset Form to Default Values" button, and three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

Ilustración 54: Carga viva en nivel intermedio
Fuente: Propia.

4.3.13 Definición de fuerza horizontal equivalente.

Se define este método de análisis asignando coeficientes según la estructura analizada, para posteriormente verificar si se debe hacer ajuste de resultados según el numeral A.5.4.5 de la NSR-10, el cual dice que la relación entre el análisis modal espectral y la fuerza horizontal equivalente no debe ser menor al 80%.

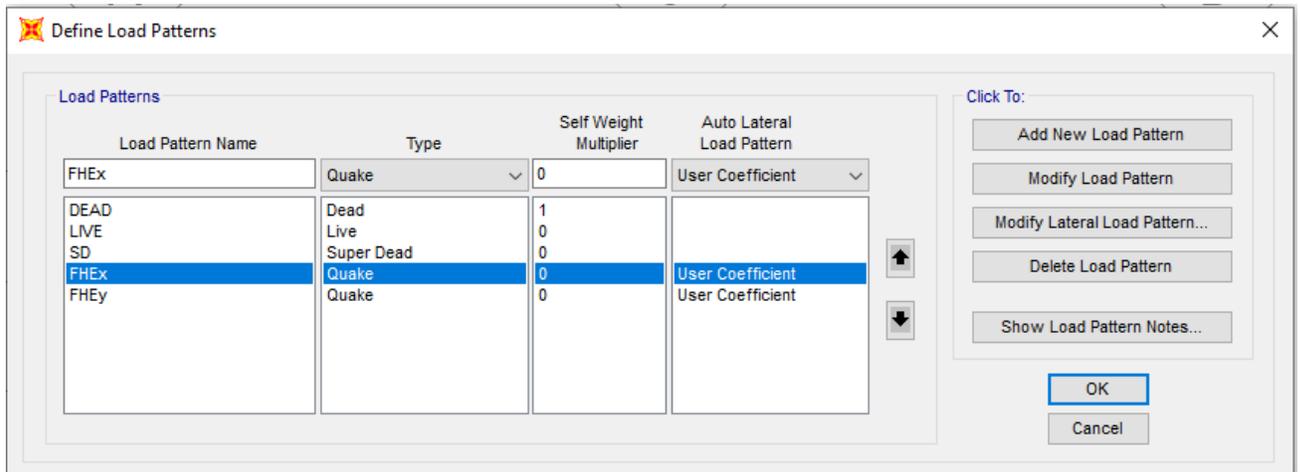


Ilustración 55: Patrones de carga en FHEX y FHEy

Fuente: Propia.

The screenshot shows the 'User Defined Seismic Load Pattern' dialog box. The 'Load Direction and Diaphragm Eccentricity' section has 'Global X Direction' selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0,05. The 'Other Factors' section has 'Base Shear Coefficient, C' set to 0,8125 and 'Building Height exp., K' set to 1. The 'Lateral Load Elevation Range' section has 'Program Calculated' selected. The 'OK' button is highlighted.

User Defined Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

- Global X Direction
- Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Other Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

Lateral Load Elevation Range

- Program Calculated
- User Specified

Max Z

Min Z

Ilustración 56: Coeficientes de FHE sentido X

Fuente: Propia.

The screenshot shows the 'User Defined Seismic Load Pattern' dialog box. The 'Load Direction and Diaphragm Eccentricity' section has 'Global Y Direction' selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0,05. The 'Other Factors' section has 'Base Shear Coefficient, C' set to 0,8125 and 'Building Height exp., K' set to 1. The 'Lateral Load Elevation Range' section has 'Program Calculated' selected. The 'OK' button is highlighted.

User Defined Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

- Global X Direction
- Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Other Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

Lateral Load Elevation Range

- Program Calculated
- User Specified

Max Z

Min Z

Ilustración 57: Coeficiente de FHE sentido Y

Fuente: Propia.

4.3.14 Periodo fundamental de la estructura.

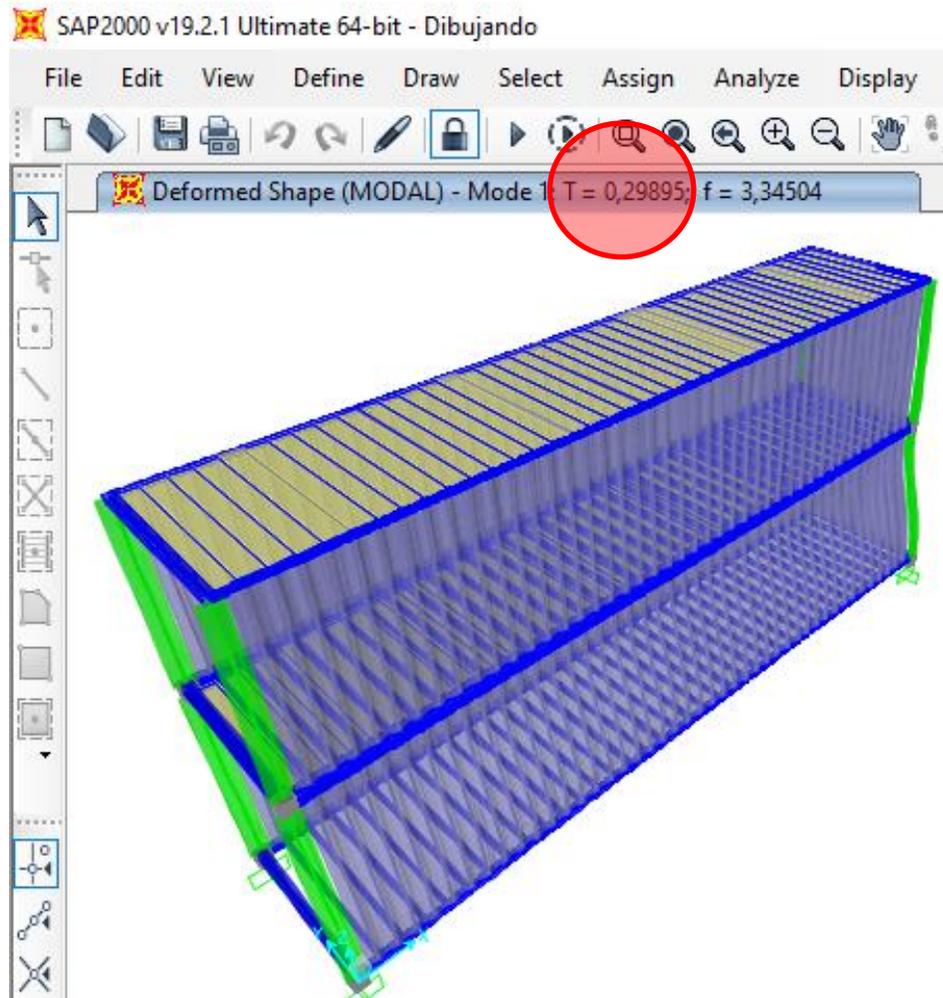


Ilustración 58: Periodo fundamental de la estructura

Fuente: Propia.

4.3.15 Periodo asumido (T_a).

Tabla A.4.2-1
Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Tabla 1: Valores para cálculo de T_a

Fuente: NSR-10, 2010.

A.4.2.2 — Alternativamente el valor de T puede ser igual al periodo fundamental aproximado, T_a , que se obtenga por medio de la ecuación A.4.2-3.

$$T_a = C_t h^\alpha \quad (\text{A.4.2-3})$$

Ecuación 1: Periodo asumido

Fuente: NSR-10, 2010

Donde:

C_t : 0.072

h : altura total de la estructura

α : 0.8

Reemplazando los valores:

$$T_a = 0.072 \times 5.18\text{m}^{0.8} = 0.26 \text{ sec}$$

Ta: 0.26 sec

T del modelo: 0.29 sec

Según el numeral A.4.3.2

donde k es un exponente relacionado con el período fundamental, T , de la edificación de la siguiente manera:

- (a) Para T menor o igual a 0.5 segundos, $k = 1.0$,
- (b) Para T entre 0.5 y 2.5 segundos, $k = 0.75 + 0.5T$, y
- (c) Para T mayor que 2.5 segundos, $k = 2.0$.

Ilustración 59: Valores de K

Fuente: NSR-10,2010.

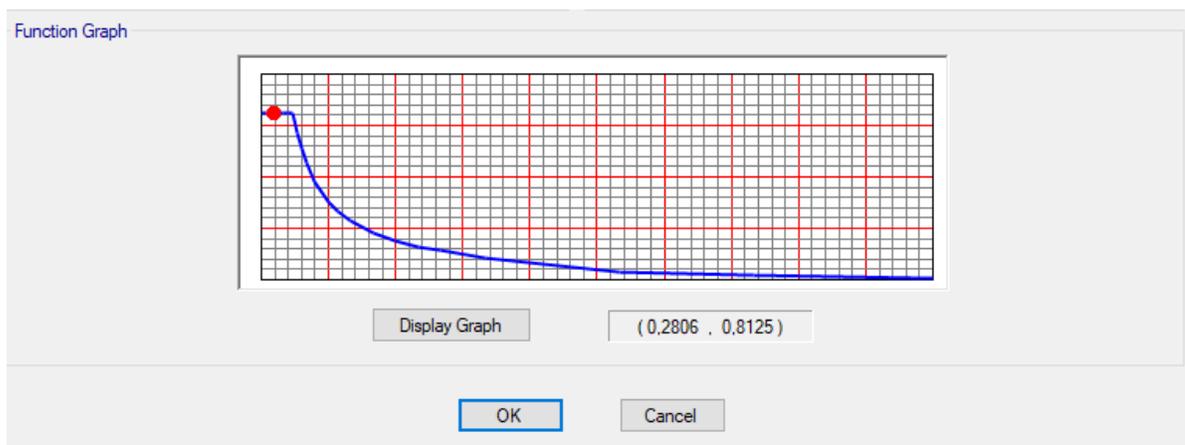


Ilustración 60: Espectro de diseño con Período asumido y Período fundamental

Fuente: Propia.

Con el período asumido calculado y el período fundamental de la estructura se tiene que la aceleración es la misma para ambos casos.

5. Resultados.

El presente capítulo comprende un análisis de los resultados obtenidos en la investigación, en la cual se explican los valores y su concepto, con el fin de desarrollar el objetivo general del presente documento. Las tablas que se muestran a continuación hacen un resumen de los cálculos realizados. Finalmente se halla la comparación de los resultados obtenidos con las especificaciones expresadas en el título A de la NSR-10 en cuanto a requisitos de cumplimientos de derivas, desarrollando uno de los objetivos específicos de la presente investigación.

5.1. Análisis del modelo para ajustes según resultados.

Se exportan los resultados de reacción en la base de la estructura, para conocer el cortante basal debido a la fuerza horizontal equivalente y la fuerza sísmica.

Y según la NSR- en el numeral A.5.4.5 – AJUSTE DE RESULTADOS, dice que; “El valor del cortante dinámico total en la base, V_{tj} , obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, j , no puede ser menor que el 80 por ciento para estructuras regulares...” (NSR-10, 2010).

5.1.2 Reacciones en la base.

Resultados por el método de análisis modal espectral y fuerza horizontal equivalente

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	Sentido X (Kgf)	Sentido Y (Kgf)	Sentido Z (Kgf)
F.Sismica X	LinRespSpec	11.031,64	1,74	43,16
F.Sismica Y	LinRespSpec	1,74	11.187,52	0,48
FHEX	LinStatic	- 12.590,17	- 0,00	0,00
FHEy	LinStatic	- 0,00	- 12.590,17	- 0,00

Tabla 2: Reacciones en la base

Fuente: Propia.

5.1.3 Relación entre análisis modal y fuerza horizontal equivalente.

Resultados Sentido X			Resultados Sentido Y		
F.Sismica X	11.031,64	Kg	F.Sismica Y	11.187,52	Kg
FHEX	12.590,17	Kg	FHEy	12.590,17	Kg
Relacion	87,62	%	Relacion	88,86	%

Tabla 3: Relación entre métodos

Fuente: Propia.

Ya que la relación entre análisis modal espectral y fuerza horizontal equivalente son mayores al 80% no es necesario hacer el ajuste de resultados.

5.1.4 Resultados de desplazamientos por piso.

Se identifican los puntos importantes a analizar, los cuales son los puntos correspondientes a las columnas A-1, A-2, B-1 y B-2, para verificar el cumplimiento de requisitos de las derivas.

TABLE: Desplazamiento de nodos				
Joint	OutputCase	CaseType	Desplazamiento X (m)	Desplazamiento Y (m)
1	Envolvente X	Combination	0	0
1	Envolvente Y	Combination	0	0
3	Envolvente X	Combination	0	0
3	Envolvente Y	Combination	0	0
5	Envolvente X	Combination	0	0
5	Envolvente Y	Combination	0	0
7	Envolvente X	Combination	0	0
7	Envolvente Y	Combination	0	0
9	Envolvente X	Combination	-0,003082	-0,000001707
9	Envolvente Y	Combination	0,000001097	0,01705
11	Envolvente X	Combination	-0,003082	-0,000001707
11	Envolvente Y	Combination	0,000001097	0,01705
16	Envolvente X	Combination	-0,003082	-0,000001707
16	Envolvente Y	Combination	0,000001097	0,01705
17	Envolvente X	Combination	-0,003082	-0,000001707
17	Envolvente Y	Combination	0,000001097	0,01705
639	Envolvente X	Combination	-0,004243	-0,000002206
639	Envolvente Y	Combination	-0,000002585	0,021388
640	Envolvente X	Combination	-0,004243	-0,000002206
640	Envolvente Y	Combination	-0,000002585	0,021388
645	Envolvente X	Combination	-0,004243	-0,000002206
645	Envolvente Y	Combination	-0,000002585	0,021388
646	Envolvente X	Combination	-0,004243	-0,000002206
646	Envolvente Y	Combination	-0,000002585	0,021388

Tabla 4: Resultados de desplazamientos en nodos principales

Fuente: Propia.

5.1.5 Etiquetas de nodos.

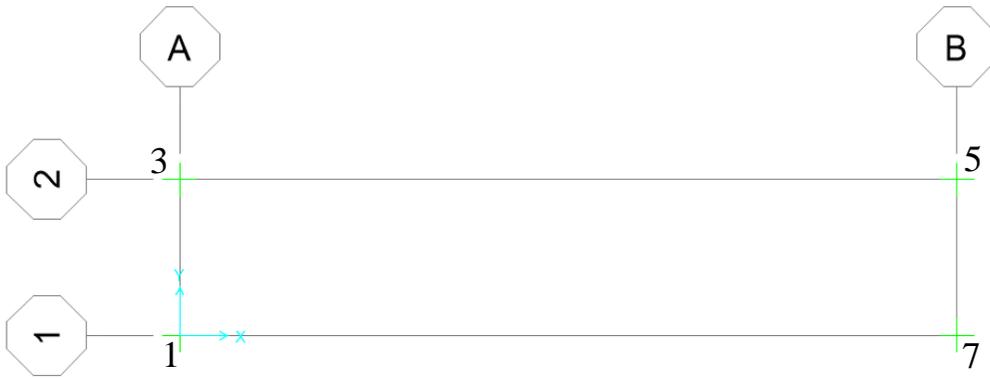


Ilustración 61: Nodos nivel cero

Fuente: Propia.

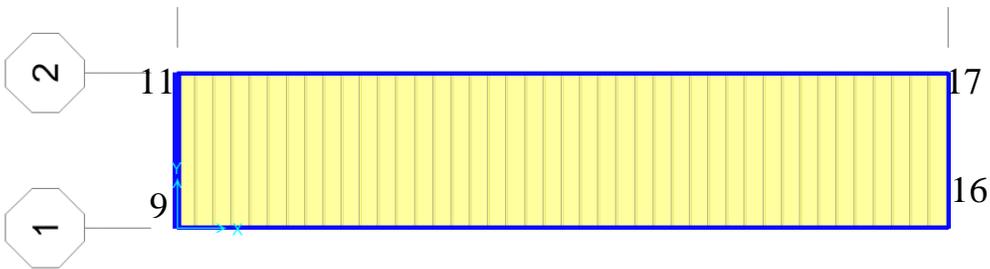


Ilustración 62: Nodos nivel intermedio

Fuente: Propia.

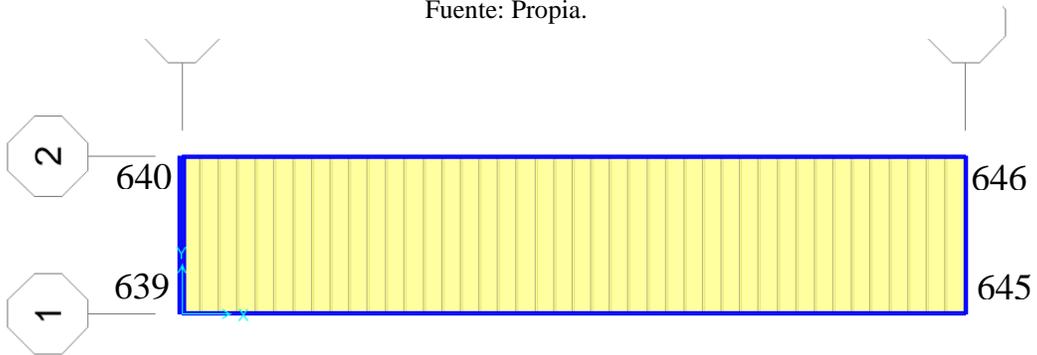


Ilustración 63: Nodos nivel de cubierta

Fuente: Propia.

5.1.6 Análisis de resultados.

Tabla A.6.4-1
Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi} \right)$

Tabla 5: Deriva máxima según estructura

Fuente: NSR-10, 2010.

Cálculo de deriva máxima:

según la tabla A.6.4-1, para “estructuras de concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2” se tiene que la deriva máxima es el uno por ciento (1%) de la altura del piso; altura establecida de dos metros con cincuenta y nueve metros (2.59 m)

$$\text{Deriva permitida} = 259 \text{ cm} \times 1\% = 2.59 \text{ cm}$$

$$\text{Cálculo de deriva} = \Delta_{Piso 2} - \Delta_{Piso 1}$$

Calculo de deriva para columna A-1 en sentido X			Calculo de deriva para columna A-1 en sentido Y		
Nodo	Desplazamientos		Nodo	Desplazamientos	
1	0	m	1	0	m
9	0,003082	m	9	0,01705	m
639	0,004243	m	639	0,021388	m
Deriva calculada	0,001161	m	Deriva calculada	0,004338	m
0.1161 cm > 2.59 cm			0.4338 cm > 2.59 cm		

Tabla 6: Deriva para columna A-1

Fuente: Propia.

Calculo de deriva para columna A-2 en sentido X			Calculo de deriva para columna A-2 en sentido Y		
Nodo	Desplazamientos (m)		Nodo	Desplazamientos (m)	
3	0	m	3	0	m
11	0,003082	m	11	0,01705	m
640	0,004243	m	640	0,021388	m
Deriva calculada	0,001161	m	Deriva calculada	0,004338	m
0.1161 cm > 2.59 cm			0.4338 cm > 2.59 cm		

Tabla 7: Deriva para columna A-2

Fuente: Propia.

Calculo de deriva para columna B-1 en sentido X			Calculo de deriva para columna B-1 en sentido Y		
Nodo	Desplazamientos (m)		Nodo	Desplazamientos (m)	
7	0	m	7	0	m
16	0,003082	m	16	0,01705	m
645	0,004243	m	645	0,021388	m
Deriva calculada	0,001161	m	Deriva calculada	0,004338	m
0.1161 cm > 2.59 cm			0.4338 cm > 2.59 cm		

Tabla 8: Deriva para columna B-1

Fuente: Propia.

Calculo de deriva para columna B-2 en sentido X			Calculo de deriva para columna B-2 en sentido Y		
Nodo	Desplazamientos (m)		Nodo	Desplazamientos (m)	
5	0	m	5	0	m
17	0,003082	m	17	0,01705	m
646	0,004243	m	646	0,021388	m
Deriva calculada	0,001161	m	Deriva calculada	0,004338	m
0.1161 cm > 2.59 cm			0.4338 cm > 2.59 cm		

Tabla 9: Deriva para columna B-2

Fuente: Propia.

6. Conclusiones.

6.1 Conclusión en base al objetivo general.

Como conclusión general se tiene que es posible modelar un contenedor marítimo de 40 pies para simular el comportamiento de un espacio residencial; siempre y cuando se conozcan todos los elementos que lo conforman para tener una representación lo más acercada posible a la realidad; ya que la parte de asignación de cargas, combinación de cargas y aplicación de fuerza sísmica viene siendo el mismo método para una estructura convencional.

6.2 Conclusión en base a los objetivos específicos.

>Los resultados obtenidos en cuanto al peso propio del contenedor fueron satisfactorios, ya que esta carga se divide en sus cuatro apoyos ubicados en cada esquina, y dichos resultados están alrededor de lo que expresa la norma ISO-1496-1.

>En cuanto resultados que pueden compararse con la norma sismo resistente colombiana, se tiene el periodo natural o periodo fundamental de la estructura vs. el periodo asumido que muestra dicha norma en su numeral A.4.2.2 y según la ilustración 58 y la ecuación 1, dichos resultados son satisfactorios ya que su diferencia no es grande.

>También se puede concluir que los contenedores marítimos de carga son estructuras bastante rígidas, debido a su geometría regular, también debido al material del que está compuesto y los componente estructurales y no estructurales que conforman dicho contenedor, para muestra de eso se tiene las derivas de piso obtenidas después de analizar el modelo realizado, que para las columnas A-1, A-2, B-1 y B-2 dichas derivas no superan la máxima calculada.

7. Recomendaciones.

Según los resultados obtenidos y realizadas las conclusiones la recomendación que se da es completar al cien por ciento el análisis estructural para esta estructura, ya que solo se modelo con el fin de obtener resultados de desplazamientos horizontales debido a fuerzas sísmicas y verificar si cumplía con lo especificado en la normativa para estructuras sismo resistentes.

Un punto para continuar con este análisis son algunos chequeos de elementos sometidos a diferentes esfuerzos, como lo es el chequeo de elementos a compresión, chequeo de elementos a tensión, chequeo de elementos a torsión, entre otros, lo cual se logra analizando los demás resultados que arroja el modelo estructural montado en el software SAP 2000.

Por otro lado, también se recomienda investigar, experimentar y diseñar un elemento que fije un contenedor a otro, para asegurar su rigidez estructural y que no se desacople ante un evento sísmico.

Finalmente se recomienda diseñar la cimentación para con base a las reacciones en la base, y de esta forma se asegura que haya volcamientos, deslizamientos o asentamientos en dicha estructura.

8. Referencias bibliográficas

Ávila Archundia, José Gustavo (2015). Uso de contenedores de carga para proyectos de edificación. Universidad Nacional Autónoma de México.

Barragán Ordoñez, Gabriela Beatriz, Siavichay Alvarado María Gabriela (2014). Potencialidades de un contenedor, análisis comparativo, diseño y dirección de un ejercicio arquitectónico. Universidad de Cuenca. Ecuador.

Br. Rangel Bolívar, Jhony (2015). Propuesta de un plan constructivo universal implementando contenedores marítimos prefabricados para la transformación del barrio Tugurio en urbanización. Universidad Nueva Esparta. Venezuela.

Comisión Asesora Permanente Para El Régimen De Construcciones Sismo Resistentes (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia

Faundes Pool, Paulina (2001). Diseño y detallado de conexiones para edificaciones de acero estructural. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

International Standar ISO 1496-1 (2013) Series 1 freight containers - Specification and testing.

Luís F. A. BERNARDO, Luiz A. P. OLIVEIRA, Miguel C. S. NEPOMUCENO, Jorge M. A. ANDRADE (2011). Use of refurbished shipping containers For the construction of housing buildings: details For the structural Project. Department of Civil Engineering and Architecture, University of Beira Interior. Portugal

Medina Tovar, Miguel Ángel. (2015). Cartilla Guía de Clase para Diseño de Estructuras Metálicas. Uniagraria. Bogotá.

Mendoza, Carlos Nicolás (2007). Análisis y diseño estructural en acero, de una nave industrial con las especificaciones A.I.S.C. método L.R.F.D. Instituto Politécnico Nacional. México.

Poveda Jiménez, Mery Yovanna (2017). Comparación de tiempo de ejecución y presupuesto de la obra en los sistemas constructivos entre una vivienda de interés social (vis) y vivienda en contenedores marítimos habitables. Universidad Católica de Colombia. Bogotá D.C.

Ribeiro Manaia, Mario Miguel (2013). Reutilización de contenedores marítimos para construcciones arquitectónicas.

Rose Mary Gómez Serna (2017). Proyecto de investigación del destino final de los contenedores de carga marítima. Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia.

Ruiz Paredes, Carlos Patricio (2015). Análisis del Comportamiento de la estructura metálica Del mercado simón bolívar expuesto al fuego y su Incidencia en los resultados finales. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Salcedo Malaver, Cristian Gonzalo (2014). Análisis estructural por método de elementos finitos asistido por computador. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

Soto Miranda, José (2014). Innovación en el diseño de viviendas modulares mediante el uso de containers. Universidad Austral de Chile.

Tapia Manhualaya, José Miguel (2014). Diseño sismo resistente de una edificación de estructura metálica de 4 pisos para uso comercial. Universidad del Centro de Perú. Perú.

Tong San Guzman, Ambar Alessandra (2014). Factibilidad del uso de estructuras metálicas en el diseño de viviendas multifamiliares. Universidad Ricardo Palma. Perú.

Zabaleta Zeas, Sandra Catalina (2016) diseño de una vivienda con contenedores de carga aplicando materiales reutilizables al diseño interior en la ciudad de cuenca-ecuador. Universidad de Cuenca. Ecuador.