

VERIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
CASO DE ESTUDIO HOSPITAL SUSANA LÓPEZ DE VALENCIA BLOQUE ADULTOS



AUTORA:

SAMANTHA ANDREA MUÑOZ RAMIREZ

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE: INGENIERA CIVIL

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

POPAYÁN, CAUCA, COLOMBIA

2023

VERIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
CASO DE ESTUDIO HOSPITAL SUSANA LÓPEZ DE VALENCIA BLOQUE ADULTOS



AUTORA:

SAMANTHA ANDREA MUÑOZ RAMIREZ

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE: INGENIERA CIVIL

ASESORA:

ING. MARIA VICTORIA MONDRAGÓN MACA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FALCULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

POPAYÁN, CAUCA, COLOMBIA

2023

DEDICATORIA

Llena de esperanza y felicidad, dedico este proyecto a mi familia por educarme con buenos valores, y por todo el apoyo incondicional que ha sido un pilar fundamental para seguir adelante en los momentos más difíciles. A mis mascotas, mis gatos, quienes siempre me acompañaron en mis noches de desvelos para no sentirme sola. A Laura Sánchez que siempre estuvo presente y me acompañó durante toda esta aventura académica. Asimismo, quiero dedicar este trabajo de grado a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría, salud, y por permitirme llegar hasta aquí y culminar con éxito.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia le agradezco a mis padres Jimena Ramírez y Jesús Muñoz y a mis hermanos Santiago Muñoz y Mariana Mejía, por brindarme todo su apoyo incondicional para cumplir con todas mis metas, tanto personales como académicas. A mis abuelos Aida Gómez y Leobardo Ramírez, por estar para mí en cada paso que he dado para convertirme en una gran mujer y una gran profesional.

Conjuntamente, agradezco a mis compañeros, quienes varios de ellos se han convertido en mis amigos, especialmente a Esteban Tumbaco y Laura Sánchez con quienes pasé mis mejores momentos y me acompañaron durante toda mi formación académica. A mi asesora la Ing. Victoria Mondragón por su guía y consejos para llevar a cabo este proyecto.

"Por último, pero no menos importante, quiero agradecerme por creer en mí".

Snoop Dogg

RESUMEN

Los componentes no estructurales generan un considerable número de víctimas, grandes pérdidas económicas y afectaciones en la continuidad operacional de las edificaciones ante eventos sísmicos. Por lo cual, es importante estudiar el comportamiento de todos los elementos que componen una edificación, ya que en uso deben ser resistentes a los efectos de los sismos. Considerando lo anterior, Colombia cuenta con un Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Además, que en dicho reglamento en el Capítulo A.9, se tiene contemplado el diseño de elementos no estructurales, en donde se especifican los procedimientos y los parámetros de diseño de estos elementos.

Consecutivamente, el trabajo estará enfocado en tomar algunos elementos no estructurales del caso en estudio, y asimismo evaluar los parámetros con los que fueron diseñados. Cada evaluación se realizará de acuerdo con la norma colombiana, estadounidense y peruana, para así poder dar recomendaciones y/o sugerencias, de acuerdo a los resultados obtenidos, ya que éstas posibilitarán el mejoramiento del comportamiento de estos elementos frente a efectos sísmicos, y a su vez enriquecer la forma en cómo se diseñan actualmente los elementos no estructurales en las edificaciones que se construyen en el país.

ABSTRACT

Non-structural components generate a considerable number of casualties, large economic losses, and impacts on the operational continuity of buildings in the event of seismic events. Therefore, it is important to study the behavior of all the elements that make up a building, since in use they must be resistant to the effects of earthquakes. Considering the above, Colombia has a Colombian Seismic Resistant Construction Regulation NSR-10. In addition, Chapter A.9 of this regulation contemplates the design of nonstructural elements, where the procedures and design parameters of these elements are specified.

Consequently, the work will be focused on taking some nonstructural elements of the case study, and also evaluate the parameters with which they were designed. Each evaluation will be carried out according to the Colombian, American and Peruvian standards, in order to give recommendations and/or suggestions, according to the results obtained, since these will make possible the improvement of the behavior of these elements against seismic effects, and at the same time enrich the way in which non-structural elements are currently designed in the buildings that are constructed in the country.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. JUSTIFICACIÓN	3
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3. MARCO TEÓRICO	6
4. NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	13
4.1. NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (PERÚ NTE-E.030 2018).....	13
4.2. ASCE/SEI 7-22 MINIMUM DESIGN LOADS AND ASSOCIATED CRITERIA FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (CARGAS MÍNIMAS DE DISEÑO Y CRITERIOS ASOCIADOS PARA EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS). (NORMATIVA AMERICANA ASCE 7-22 2022)	20
4.3. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10.....	35
5. COMPARACIÓN DE LAS NORMATIVAS EN ESTUDIO.....	45
6. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	50
6.1. Registro fotográfico.....	50
6.2. Memoria de cálculo de elementos no estructurales adoptados	55

6.2.1.	Espectro elástico de diseño	56
6.2.2.	Cilindro de oxígeno.....	59
6.2.3.	Gabinete	68
6.2.4.	Estantería.....	75
6.2.5.	Mesa.....	86
6.2.6.	Muro divisorio	91
7.	RECOMENDACIONES	97
8.	CONCLUSIONES.....	100
9.	BIBLIOGRAFÍA	102
	ANEXOS	104
	ANEXO A. HOJA DE CÁLCULO PARA ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SEGÚN LAS NORMATIVAS ADOPTADAS.	104
	ANEXO B. ESQUEMAS DE LAS PROPUESTAS PARA LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.....	117

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Valores de C1 (Capítulo 6, NTE-E.030, 2018.)</i>	15
<i>Tabla 2. Factores de zona "Z" (Capítulo 2, NTE-E.030, 2018)</i>	16
<i>Tabla 3. Categoría de las edificaciones y factor "U" (Capítulo 3, NTE-E.30, 2018)</i>	16
<i>Tabla 4. Factor de suelo "S" (Capítulo 2, NTE-E.030, 2018)</i>	17
<i>Tabla 5. Grado de desempeño mínimo requerido (Capítulo A.9, NSR-10)</i>	36
<i>Tabla 6. Comparación de normas.</i>	45
<i>Tabla 7. Comparación de normas.</i>	46
<i>Tabla 8. Valores del coeficiente de importancia, I (Capítulo A.2, NSR-10)</i>	57
<i>Tabla 9. Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS)</i>	62
<i>Tabla 10. Grado de desempeño mínimo requerido (Capítulo A.9, NSR-10)</i>	86
<i>Tabla 11. Tabla para determinar la resistencia a la rotura en Newtons, tomada del Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso (Ibérica, G.,2017)</i>	95
<i>Tabla 12. Cálculo fuerza de diseño para el cilindro oxígeno con la norma NTE-E0.30</i>	104
<i>Tabla 13. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.</i>	105
<i>Tabla 14. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.</i>	106
<i>Tabla 15. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.</i>	107
<i>Tabla 16. Cálculo fuerza de diseño para el gabinete con la norma NTE-E0.30</i>	108
<i>Tabla 17. Propuesta de anclaje y chequeos para el gabinete.</i>	109
<i>Tabla 18. Propuesta de anclaje y chequeos para el gabinete.</i>	110
<i>Tabla 19. Cálculo fuerza de diseño para la estantería con la norma ASCE/SEI 7-22</i>	111
<i>Tabla 20. Propuesta de anclaje y chequeos para la estantería.</i>	112

<i>Tabla 21.Cálculo fuerza de diseño para la mesa con la norma NSR-10.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 22.Propuesta de anclaje y chequeos para la mesa.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 23.Cálculo fuerza de diseño para el muro (Placas de yeso) con la norma NSR-10.</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 24.Requisitos para la placa de yeso del muro.....</i>	<i>116</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa conceptual de la NTE-E.030.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Mapa conceptual de la ASCE/SEI 7-22.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3. Mapa conceptual de la NSR-10.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4. Cilindro de oxígeno</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5. Gabinete.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 6. Estantería.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 7. Mesa.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 8. Muro divisorio</i>	<i>55</i>
<i>Figura 9. Propuesta de anclaje para cilindro de oxígeno.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 10. Propuesta de anclaje para gabinete</i>	<i>117</i>
<i>Figura 11. Propuesta de anclaje para estantería.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 12. Propuesta de anclaje para mesa.....</i>	<i>118</i>

INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento de todos los elementos que conforman una edificación es imprescindible, porque al momento de estar en servicio, estos elementos deben ser capaces de resistir los efectos que genera un sismo sobre ella. Considerando lo anterior, Colombia cuenta con un Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Además, que en dicho reglamento en el Capítulo A.9, se tiene contemplado el diseño de elementos no estructurales, en donde se regula el procedimiento y proporciona parámetros para diseñar estos elementos.

Sin embargo, en el apartado de elementos no estructurales no se tiene un procedimiento de diseño desarrollado a gran profundidad, comparado con el procedimiento de diseño de los elementos estructurales. Además, que la importancia de estos elementos radica en cómo afectarán a las personas; esto en caso de que se tenga un débil comportamiento de los elementos no estructurales ante sismos cuando la obra se encuentre en servicio.

En este sentido, se dice que los elementos no estructurales son importantes, puesto que pueden llegar a ser un peligro para las personas, es decir, ante un eventual sismo estos elementos podrían afectar la integridad de los usuarios, generar grandes daños económicos, y poner en riesgo la continuidad operacional de la edificación.

Por estas razones, en este proyecto se evaluarán diferentes parámetros para el diseño de elementos no estructurales, tomando como base un caso de estudio. El estudio se realizará teniendo en cuenta la normativa colombiana (NSR-10), identificando los parámetros que ella contempla en el diseño para elementos no estructurales (Capítulo A.9), asimismo tomando en cuenta normas vigentes de otros países.

Posteriormente, el trabajo estará enfocado en tomar algunos elementos no estructurales del Hospital Susana López de Valencia Bloque Adultos de la ciudad de Popayán, y evaluar los parámetros con los que fueron diseñados. Cada evaluación analítica se hará con base en la norma colombiana, estadounidense y peruana, ya que son normas que cuentan con distintos procedimientos, lo cuales podrían complementarse unos con otros, para así mejorar el desarrollo de la metodología de diseño de los elementos no estructurales.

Cabe resaltar que el objetivo final del proyecto será comparar el procedimiento de diseño para elementos no estructurales en Colombia con respecto a las metodologías que otros países aplican. Asimismo, permite reconocer las ventajas y desventajas de la metodología colombiana. Los resultados que se obtengan del estudio serán analizados para poder dar recomendaciones y/o sugerencias, las cuales posibilitarán la mejora del funcionamiento de estos elementos frente a efectos sísmicos, y a su vez enriquecer la forma en cómo se diseñan actualmente los elementos no estructurales en las edificaciones que se construyen en el país.

1. JUSTIFICACIÓN

El diseño estructural de obras ingenieriles está estrechamente relacionado con la actividad sísmica que se presenta en Colombia. Puesto que, por la posición geográfica del país, los movimientos sísmicos son muy recurrentes. Por ende, es necesario tener en cuenta parámetros para realizar los diseños de elementos estructurales y no estructurales de cualquier edificación.

En Colombia se cuenta con el reglamento colombiano de construcción sismorresistente (NSR-10), el cual tiene como finalidad el direccionar la metodología de diseño de los elementos que conforman una estructura. Sin embargo, en el capítulo para elementos no estructurales (Capítulo A.9), si bien se puede seguir el procedimiento que se plantea para el diseño de estos elementos; también se puede continuar con el desarrollo y mejoramiento del proceso que se encuentra planteado en la norma.

Considerando el historial sísmico del país, se justifica la importancia que representa la seguridad de los elementos no estructurales frente a su comportamiento, esto debido a los efectos que los movimientos telúricos ocasionan. Los daños que usualmente se generan en los elementos no estructurales van desde la afectación de los servicios, la inversión, y la vida de los usuarios. Por lo que, contar con un buen procedimiento de diseño, permitirá tener un mayor grado de seguridad, sobre cómo va a ser la respuesta de los elementos no estructurales ante los efectos generados por un sismo, esto sin que se hayan afectaciones graves tanto para la edificación como para las personas.

Definida la problemática anterior frente al diseño de los elementos no estructurales, y con el propósito de desarrollar un procedimiento idóneo, se pueden realizar estudios a edificaciones

existentes, evaluando el cumplimiento del reglamento colombiano NSR-10. Este trabajo evaluará los elementos no estructurales presentes en el Hospital Susana López de Valencia Bloque Adultos, ya que el nivel de importancia y la rigurosidad con la que se diseñan estos elementos es alto. Entre mayor sea el grado de seguridad del comportamiento de estos elementos ante un sismo, se podrá reducir en gran medida la afectación de su servicio operacional y mantener la integridad de los usuarios.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Verificar y mejorar los elementos no estructurales del bloque adultos que hacen parte del Hospital Susana López de Valencia de la ciudad de Popayán.

2.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una inspección de campo de los elementos no estructurales existentes.
- Comparar los procedimientos de diseño de elementos no estructurales bajo las normas NSR-10, Norma técnica de diseño sismo resistente peruana (E-030) y SEISMIC EVALUATION OF EXISTING BUILDINGS.
- Generar una hoja de cálculo para los diferentes procedimientos de diseño de las normas NSR-10, Norma técnica de diseño sismo resistente peruana (E-030) y SEISMIC EVALUATION OF EXISTING BUILDINGS.
- Dar recomendaciones para mejorar el comportamiento de elementos no estructurales existentes en el hospital.

3. MARCO TEÓRICO

“Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios” por Ricardo E. Barbosa, José J. Álvarez E. y Julián Carrillo (junio 25 de 2018).

La finalidad de este artículo consistió en realizar una evaluación del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), en referencia al cálculo de las aceleraciones de piso necesarias para el diseño de elementos no estructurales. Esto con el fin de comparar los resultados que se obtienen en diferentes normas como lo son ASCE 7-10, UBC-97, el Eurocódigo 8-04 y NZS 1170.5-04. A partir de los resultados que se obtuvieron de las aceleraciones de piso, hace recomendaciones al procedimiento de diseño fundamentado en la norma NSR-10.

“Comportamiento de componentes no estructurales ante diferentes escenarios sísmicos” por Hugón Juárez García, Carlos E. Ventura, Alonso Gómez Bernal y Elsa Pelcastre Pérez (junio de 2014).

El objetivo de este trabajo radicó en elaborar un plan de acción para poder identificar riesgos e implementar medidas de prevención, para solventar los problemas que causan los sismos en las infraestructuras. Como caso específico, los elementos no estructurales dentro de un edificio, pueden generar problemas a los usuarios y llegar a ser peligrosos para la integridad de las personas.

La metodología planteada consistió en evaluar un caso tipo como lo es un hospital, en el cual se propuso enfatizar las aceleraciones de piso, para así prever cómo es el comportamiento de los elementos no estructurales ante los efectos sísmicos y así mejorar el procedimiento de diseño.

Con esta evaluación, se definió que el espectro de piso es una herramienta adecuada para estimar velocidades, aceleraciones y desplazamientos que pueden presentarse en los elementos no estructurales. Sin embargo, se debe tener presente cuáles son sus limitaciones.

“Evaluación del cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Sismo Resistente NSR-10 para el diseño de elementos no estructurales” por Roger Josué Romero Lesmes (2019).

El propósito de este trabajo fue determinar una metodología, con la que se pueda realizar la comprobación del proceso de diseño de los elementos no estructurales y su comportamiento durante un sismo. Por lo cual, en este documento se analizó las fachadas y muros divisorios de algunas edificaciones de la ciudad de Bogotá. Además, tiene en cuenta el proceso de diseño presentado en la NSR-10, con el fin de evitar pérdida de materiales y afectaciones a los usuarios.

Asimismo, este trabajo precisa los errores fundamentales que se presentan en las memorias de cálculo, para el diseño de estos elementos, y permite conocer cuál es el efecto que se tiene tanto en la parte técnica como económica. De tal modo que, se establezcan recomendaciones en la ejecución de estos elementos en obras de ingeniería civil. Esto con el propósito de moderar los problemas que se generan en la realización de proyectos civiles, debido a una mala interpretación o a la falta de información que se pueda presentar.

“Aplicación de la metodología de evaluación sísmica de elementos no estructurales propuesta en el documento ASCE/SEI 31-03 – caso de estudio –” por Darwin Davier Beltrán Gamba y Luis Felipe Cañón Martínez (2019)

En el proyecto se aplicó una metodología para evaluar los elementos no estructurales basadas en la norma ASCE/SEI 31-03, para la cual se tomó un caso de estudio. La metodología

propuesta comprende de tres fases, inspección, evaluación y evaluación detallada, con las cuales se permite dar origen a la formación de las listas de verificación, en donde se recopilará toda la información acerca de los elementos que componen la estructura. Además, dentro de la metodología de evaluación se consideró la norma NSR-10, para realizar comprobaciones y complementar los resultados obtenidos de la anterior norma.

Los autores llegaron a la conclusión de que la norma NSR-10, tiene un eficiente procedimiento para el diseño de elementos estructurales. Sin embargo, la norma no enfatiza a profundidad el proceso de diseño para elementos no estructurales, es decir, que dentro de ella se encuentran vacíos con respecto al proceso de diseño. Por lo que, para lograr suplir esa deficiencia, se debe de implementar la norma ASCE/SEI 31-03. Es por ello que, con el fin de realizar una adecuada evaluación, es primordial efectuarlo en conjunto con el estado de los materiales en la edificación, y con los criterios sísmicos presentados en las normativas aplicadas en el estudio.

“Estudio comparativo de normativas de diseño sismo-resistente de elementos no estructurales” por Jonathan David Jaramillo Narváez (13 de mayo de 2020).

Aunque los elementos no estructurales son de gran importancia, se tiene en cuenta que, en normas de países latinoamericanos, no se los consideran relevantes para el diseño sísmico. Es por ello, que se ve necesario implementar este apartado en todas las normas de los países, por lo cual, en este documento se realiza una comparativa de normas como lo son la normativa colombiana, chilena, estadounidense y peruana.

El análisis concluyó que las normativas que se tuvieron en cuenta para el estudio, en el apartado de diseño de elementos no estructurales, aún falta profundizar en el desarrollo de los

procesos de diseño. Sin embargo, cabe resaltar que, la norma chilena y estadounidense cuentan con un procedimiento de diseño de elementos no estructurales más completo, por lo cual, estas normas se pueden tomar como referencia para la metodología de diseño de los demás países. Asimismo, el documento aclara que, todos los países deben de contar con su propia normativa, con el objetivo de mejorar el comportamiento de los elementos no estructurales.

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10)

El código colombiano de construcciones sismo resistentes se encuentra dividido en diversos capítulos, en donde se abordan temas acordes para el correcto diseño de una estructura. Al mismo tiempo, esta norma nace a raíz de las repercusiones ocasionadas por los diferentes sismos presentados históricamente en el país.

El presente reglamento tiene como finalidad reducir el riesgo tanto de pérdidas humanas como económicas, mantener un óptimo funcionamiento de las estructuras y evitar daños irreparables en estas. Asimismo, para las diferentes edificaciones, se espera que los daños ocurridos debido a movimientos telúricos sean reparables, y que permitan la operación y ocupación continua de la construcción.

Esta norma contempla un capítulo para el diseño de elementos no estructurales (Capítulo A.9). Es por esto, que cualquier edificación que se construya en el país debe de seguir los lineamientos de este capítulo, para así cumplir con los requerimientos y poder mantener la seguridad de los usuarios.

Norma técnica de diseño sismo resistente peruana (NTE-E.030)

Esta norma de diseño establece las condiciones necesarias, para que las construcciones de distintas edificaciones tengan un comportamiento acorde a los principios del diseño

sismorresistente, los cuales consisten en salvaguardar las vidas humanas, asegurar una continua prestación de los servicios básicos indispensables y minimizar los daños de las estructuras. Las edificaciones deben estar diseñadas para soportar las solicitaciones sísmicas determinadas en esta norma.

En esta norma se presenta un capítulo en donde se puede encontrar información acerca de los requisitos y procedimientos para el diseño de elementos no estructurales, ya que los profesionales que elaboran el diseño de estos elementos deben asegurar de que estos tengan una adecuada resistencia y rigidez para las distintas acciones sísmicas.

Seismic evaluation of existing buildings ASCE/SEI 7-22

Esta norma determina las cargas necesarias, los niveles de riesgo, los criterios, y los objetivos de rendimiento previstos para la construcción de estructuras y sus componentes no estructurales, los cuales se encuentran sujetos a los requisitos de este código de construcción.

Esta norma presenta un capítulo (Capítulo 13), en donde se establecen los requisitos y criterios necesarios para el diseño de componentes no estructurales, los cuales están permanentemente unidos a estructuras mediante soportes o fijaciones. Además, esta norma dictamina que los componentes no estructurales, serán asignados a la misma categoría de diseño sísmico que presenta la estructura que ocupan o a la que se encuentran unidos.

“Fijación de elementos no estructurales en establecimientos de salud en Perú” por Organización Panamericana de la Salud (2017)

Los servicios que brindan los hospitales son fundamentales, ya que estos deben de mantenerse accesibles y en constante funcionamiento. Se requiere contar con unas medidas, las cuales deben de ser implementadas tanto en los elementos estructurales como en los no

estructurales, para que, de esta manera se asegure la protección y seguridad de la vida de los usuarios, la inversión y la operación.

Además, se debe de tener en cuenta la relevancia que tienen los elementos no estructurales, debido a que los daños en estos elementos, pueden ocasionar afectaciones en el funcionamiento de los servicios que se están prestando. Por ende, la protección de estos elementos es crucial para el funcionamiento de las instalaciones hospitalarias.

Este documento tiene como propósito el suministrar una herramienta, para una eficiente evaluación de las condiciones de seguridad sísmicas de los elementos no estructurales existentes en los distintos centros de salud.

“Normalización hospital provincial de curicó proyecto de elementos no estructurales memoria de cálculo” por Leopoldo Breschi (15 de febrero de 2016).

En cuanto al diseño estructural de establecimientos de salud, se debe de asegurar la protección y la seguridad de los usuarios. Es necesario contar con un buen y correcto desempeño del sistema estructural, el cual sea capaz de garantizar que el centro de salud se encuentre en constante funcionamiento, ante la presencia de cualquier movimiento telúrico de gran magnitud.

Asimismo, se debe tener en cuenta que, para mantener la seguridad y protección de los usuarios, es indispensable diseñar los soportes y las fijaciones de los sistemas y de los elementos no estructurales, los cuales se encuentran sujetos o fijos de manera permanente a la edificación.

Este documento da a conocer una memoria de cálculo referente al diseño sísmico de elementos y sistemas no estructurales del Hospital de Curicó, todo esto haciendo uso de la normativa NTM 001 de Chile. Además, el tener accesibilidad a una memoria de cálculo es de utilidad para el estudio de elementos no estructurales, ya que permite tener una referencia de

cómo se debe garantizar un buen diseño y verificación de estos elementos, los cuales tienen relevancia en la continua prestación de servicios de las instalaciones hospitalarias.

“Manual para el diseño de anclajes al concreto según la normativa ACI 318-19” por

Michell Norvey Muñoz Tirado

Un anclaje es una conexión que cuando se diseña e instala correctamente, proporciona una transferencia de carga adecuada entre dos sistemas estructurales distintos, como lo son las construcciones sobre elementos de acero y concreto. Sin embargo, el uso de estas conexiones no debe restringirse al sistema de carga principal y de resistencia de las edificaciones.

El uso de anclajes es frecuente en la instalación y fijación de elementos no estructurales en las edificaciones, asimismo tienen una gran diversidad de usos dentro de la construcción. Además, estas conexiones son de gran importancia, por lo cual, se tiene que contar con un adecuado estudio para su respectivo diseño considerando las normativas vigentes.

Con este manual se busca ampliar el conocimiento para el diseño de los anclajes en concreto, ya que se debe tener un manejo riguroso del uso de las especificaciones que se establezcan en las normativas, y a su vez se busca minimizar los errores durante el diseño y su detallado.

4. NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

4.1.NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (PERÚ NTE-E.030 2018)

Con respecto a la norma técnica NTE-E.30, se considerará el Capítulo 6. Elementos no estructurales, apéndices y equipos para el enfoque de este trabajo. Por lo cual, a continuación, se dará a conocer los ítems que se contemplarán de esta normativa.

Generalidades

Para este capítulo se consideran como componentes no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema, pero su aporte a la rigidez no es significativo. Además, para los elementos no estructurales que se encuentren unidos al sistema estructural sismorresistente y que deban acompañar la deformación de la estructura, se deberá de asegurar de que, en caso de falla, estos elementos no causen daños.

- Cabe resaltar que, elementos no estructurales como:
- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.

- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

Deben de contar con una adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

Fuerzas de diseño.

Tanto los elementos no estructurales como sus anclajes, y sus conexiones se diseñarán con el fin de resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección (F), la cual está asociada a su peso (P_e), y cuya resultante puede suponerse aplicada en el centro de masa del elemento, tal como se indica en la siguiente formula:

$$F = \frac{a_i}{g} * C_1 * P_e$$

Como alternativa, debido a la falta de los resultados de un análisis dinámico, se podrá utilizar la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} * C_1 * P_e$$

Donde:

F : Fuerza sísmica horizontal

a_i : Aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación.

F_i : Fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural, calculada de acuerdo al Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes, que se encuentra especificado en la norma E.30.

P_i : Peso del nivel “i”.

P_e : Peso del elemento en estudio.

C_1 : Los valores de este coeficiente se tomarán de la siguiente tabla.

Tabla 1. Valores de C_1 (Capítulo 6, NTE-E.030, 2018.)

VALORES DE C_1	
Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3.0
Muros y tabiques dentro de una edificación.	2.0
Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3.0
Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1.5

Asimismo, para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y demás elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza F se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. También, para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Fuerza horizontal mínima.

La fuerza sísmica horizontal F calculada en el ítem anterior no será menor que $0.5 * Z * U * S * P_e$ para cualquier nivel del edificio. Por lo cual, se tiene que:

$$F \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$$

Donde:

F : Fuerza sísmica horizontal.

Z : Factor de zona.

Tabla 2. Factores de zona "Z" (Capítulo 2, NTE-E.030, 2018)

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

U: Factor de uso o importancia.

Tabla 3. Categoría de las edificaciones y factor "U" (Capítulo 3, NTE-E.30, 2018)

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1.5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

S: Factor de amplificación del suelo.

Tabla 4. Factor de suelo "S" (Capítulo 2, NTE-E.030, 2018)

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

P_e: Peso del elemento en estudio.

Fuerzas sísmicas verticales.

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal. Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se necesitará de un análisis dinámico con los espectros definidos de acuerdo con ítem de Aceleración Espectral especificado en la norma.

Elementos no estructurales localizados en la base de la estructura, por debajo de la base y los cercos.

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos, se diseñan con una fuerza horizontal calculada con la siguiente ecuación:

$$F = 0.5 * Z * U * S * P_e$$

Otras estructuras.

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá contemplando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. Además, la fuerza de diseño no es menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo (“Elementos no estructurales, apéndices y equipos”) con un valor de C_1 mínimo de 3.0.

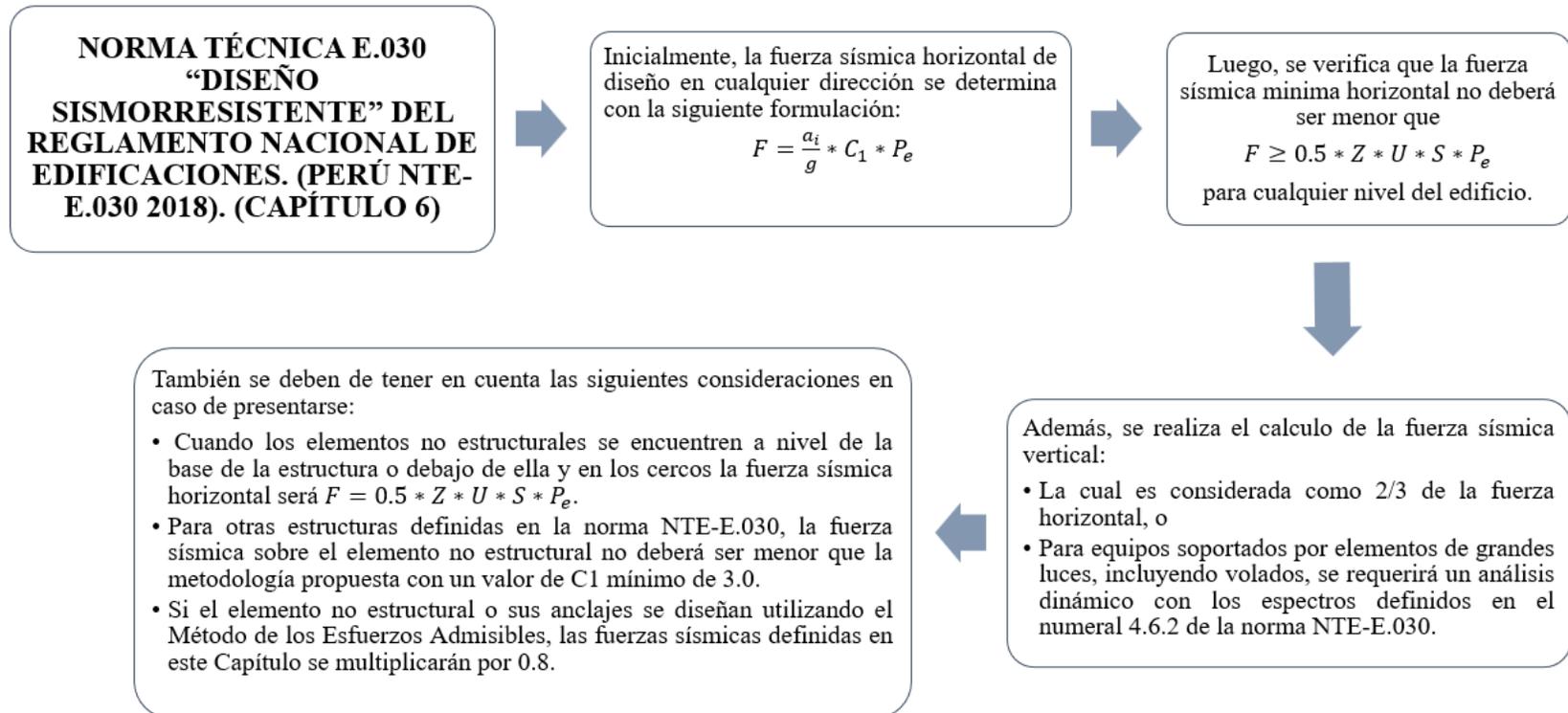
Diseño utilizando el método de los esfuerzos admisibles.

Cuando el componente no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles; las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo (“Elementos no estructurales, apéndices y equipos”) se afectarán por un factor de 0.8.

Mapa conceptual

A continuación, se dará a conocer un mapa conceptual, con el fin de integrar de forma concisa los pasos requeridos para la evaluación de los elementos no estructurales, siguiendo la normativa peruana NTE-E.030 del 2018.

Figura 1. Mapa conceptual de la NTE-E.030.



Fuente: Elaboración propia.

**4.2.ASCE/SEI 7-22 MINIMUM DESIGN LOADS AND ASSOCIATED CRITERIA
FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (CARGAS MÍNIMAS DE
DISEÑO Y CRITERIOS ASOCIADOS PARA EDIFICIOS Y OTRAS
ESTRUCTURAS). (NORMATIVA AMERICANA ASCE 7-22 2022)**

Para esta norma se estará manejando el Capítulo 13 Requisitos de diseño sísmico para componentes no estructurales, el cual define el criterio mínimo de diseño para sistemas arquitectónicos, mecánicos, eléctricos, y otros componentes o sistemas no estructurales. Por ende, se dará a conocer los ítems a tener en cuenta de esta normativa.

Generalidades

- **Alcance**

En este capítulo se establecerán los criterios mínimos de diseño para los componentes no estructurales, incluyendo sus soportes y accesorios.

Dentro de estos componentes no estructurales se tienen:

- Componentes que se encuentran dentro o están soportados por una estructura.
- Componentes que se encuentran fuera de una estructura y están permanentemente conectados a los sistemas mecánicos o eléctricos.
- Componentes que forman parte del sistema de salida de una estructura.

- **Categoría de diseño sísmico**

Los componentes no estructurales se asignarán a la misma categoría de diseño sísmico que:

- La estructura que ocupan o sobre la que se apoyan.
- La estructura a la que están permanentemente conectados por sistemas mecánicos o eléctricos.
- Para partes de un sistema de salida de la estructura a la que sirve.

En caso de aplicarse más de uno de los criterios anteriores, se utilizará la categoría de diseño sísmico más alta.

- **Factor de importancia del elemento**

A todos los componentes se les asignará un Factor de Importancia I_p igual a 1.5 si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Se requiere que el componente funcione con fines de seguridad humana después de un terremoto, incluyendo los sistemas de rociadores de protección contra incendios y las escaleras de salida.
- El componente transporta, soporta o contiene sustancias tóxicas, altamente tóxicas o explosivas. Donde la cantidad del material excede el límite establecido por la autoridad competente y es suficiente para representar una amenaza para los usuarios si es liberada.

- El componente está en una estructura de Categoría de riesgo IV o es soportado por ella, asimismo, puede estar permanentemente conectado mediante sistemas mecánicos o eléctricos a una estructura de Categoría de riesgo IV. Por tanto, el componente es necesario para el funcionamiento continuo de una estructura designada como Instalación Esencial.
- El componente transporta, soporta o de otro modo contiene sustancias peligrosas, y está adherido a una estructura o parte de la misma clasificada por la autoridad competente como ocupación peligrosa.

Para todos los demás componentes que no se encuentren dentro de las condiciones anteriormente mencionadas, se les asignará un factor de importancia I_p igual a 1.0.

Demandas sísmicas sobre componentes no estructurales

- **Fuerzas sísmicas horizontales de diseño**

La fuerza sísmica horizontal de diseño F_p , se aplicará en el centro de gravedad del componente y se distribuirá en relación con la distribución de masa del elemento. Se permite que el factor de redundancia, ρ , sea igual a 1.

Las direcciones de las fuerzas sísmicas horizontales, deberán ser aquellas que produzcan los efectos de carga más críticos en el componente, sus soportes y accesorios. Además, se permite utilizar el caso de carga más crítico de los que se presentan a continuación:

- Caso 1: Una combinación del 100% de F_p en cualquier dirección horizontal y el 30% de F_p en una dirección perpendicular a la horizontal aplicada simultáneamente.
- Caso 2: La combinación del Caso 1 con una rotación de 90 grados.

La fuerza sísmica horizontal de diseño se calculará con la siguiente ecuación

$$F_p = 0.4 * S_{DS} * I_p * W_p * \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] * \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right]$$

Además, F_p no se requiere que sea mayor que:

$$1.6 * S_{DS} * I_p * W_p$$

y no se considerará inferior a:

$$0.3 * S_{DS} * I_p * W_p$$

Donde:

F_p : Fuerza sísmica de diseño

S_{DS} : Aceleración espectral, período corto, se determina de acuerdo al Espectro de respuesta de diseño especificado en la sección 11.4.5 de la respectiva normativa ASCE 7-22.

I_p : Factor de importancia del componente.

W_p : Peso del elemento.

H_f : Factor de amplificación de fuerza en función de la altura en la estructura.

- **Factor de amplificación con la altura H_f :** Para los componentes no estructurales soportados en o por debajo del nivel del suelo, el factor de amplificación de fuerza con la altura H_f , es 1.0. Para componentes soportados por encima del nivel del suelo por un edificio o una estructura no habitable, H_f se permite determinar por cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$H_f = 1 + a_1 * \left(\frac{z}{h}\right) + a_2 * \left(\frac{z}{h}\right)^{10}$$

o

$$H_f = 1 + 2.5 * \left(\frac{z}{h}\right)$$

Además, cuando se desconozca el período fundamental aproximado del edificio de soporte o de la estructura no edificable, H_f se permite determinar por la siguiente ecuación:

$$H_f = 1 + 2.5 * \left(\frac{z}{h}\right)$$

Donde:

$$a_1 = \frac{1}{T_a} \leq 2.5$$

$$a_2 = \left[1 - \left(\frac{0.4}{T_a}\right)^2\right] \geq 0$$

z : Altura sobre la base de la estructura hasta el punto de fijación del elemento.

Para artículos que se encuentran en o por debajo de la base, z se tomará como 0.

El valor de $\frac{z}{h}$ no necesita exceder 1.0.

h : Altura promedio del techo de la estructura con respecto a la base

T_a : Período fundamental aproximado más bajo de la estructura portante, edificada o no, en cualquier dirección ortogonal. Según la sección 12.8.2.1 de la norma ASCE 7-22.

R_μ : Factor de reducción de la ductilidad de la estructura.

- **Factor de reducción de la ductilidad de la estructura R_μ :** Para componentes soportados por un edificio o una estructura no habitable, el factor de reducción por ductilidad de la estructura portante, R_μ , se calcula como:

$$R_\mu = \left[\frac{1.1 * R}{(I_e * \Omega_0)} \right]^{\frac{1}{2}} \geq 1.3$$

Donde:

I_e : Factor de importancia prescrito en la Sección 11.5.1 de la norma ASCE 7-22 para estructuras edificables o no habitables que soportan el elemento.

R : Factor de modificación de respuesta para estructuras edificables o no habitables que soportan el elemento. Este valor se puede tomar de la Tabla 12.2-1, 15.4-1 o 15.4-2 descritas en la norma ASCE 7-22.

Ω_0 : Factor de sobrerresistencia para estructuras edificables o no habitables que soportan el elemento. Este valor se puede tomar de la Tabla 12.2-1, 15.4-1 o 15.4-2 descritas en la norma ASCE 7-22.

C_{AR} : Factor de ductilidad de resonancia del elemento que convierte la aceleración máxima del piso o del suelo en la aceleración máxima del elemento.

- **Factor de ductilidad de resonancia del elemento C_{AR} :** A los componentes arquitectónicos, se les debe asignar un factor de ductilidad de resonancia, el cual se puede encontrar en la Tabla 13.5-1 de la norma.

A los equipos mecánicos y eléctricos se les debe asignar un factor de ductilidad de resonancia del componente designado en la Tabla 13.6-1 de la norma. Además, el factor de ductilidad de resonancia del componente para equipos mecánicos y eléctricos montados en las estructuras o plataformas de soporte del equipo, no debe ser menor que el factor de ductilidad de resonancia del componente utilizado para la estructura o plataforma de soporte del equipo en sí.

R_{po} : Factor de resistencia del elemento. Este parámetro se determina con las tablas 13.5-1 o 13.6-1 de la ASCE 7-22.

- **Fuerza sísmica vertical**

Los componentes, incluidos sus soportes y accesorios, se debe diseñar para una fuerza sísmica vertical de diseño concurrente igual a E_v , según la Sección 12.4.2.2 de la ASCE 7-22 incluyendo las excepciones pertinentes.

$$E_v = 0.2 * S_{DS} * D$$

Donde:

D : Efecto de la carga muerta

S_{DS} : Aceleración espectral, período corto, se determina de acuerdo al Espectro de respuesta de diseño especificado en la sección 11.4.5 de la respectiva normativa ASCE 7-22.

- **Desplazamientos sísmicos relativos**

Los efectos de los desplazamientos relativos sísmicos se consideran en combinación con los desplazamientos causados por otras cargas, según corresponda. Los desplazamientos sísmicos relativos, D_{pI} , se calcularán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$D_{pI} = D_p * I_e$$

Donde:

D_p : Desplazamiento determinado de acuerdo con las ecuaciones establecidas en la norma ASCE 7-22 en las secciones 13.3.2.1 Desplazamientos dentro de estructuras y 13.3.2.2 Desplazamientos entre estructuras.

I_e : Factor de Importancia según la Sección 11.5.1 de la norma ASCE 7-22.

- **Periodo del elemento**

El periodo fundamental, T_p , del componente no estructural, incluyendo sus soportes y fijación a la estructura, se determinará mediante la siguiente ecuación, siempre que el componente, los soportes y la fijación puedan representarse analíticamente de manera razonable mediante un sistema simple de resorte y masa de un solo grado de libertad:

$$T_p = 2 * \pi * \sqrt{\frac{W_p}{K_p * g}}$$

Donde:

T_p : Periodo fundamental del componente.

W_p : Peso del componente.

g : Aceleración gravitacional.

K_p : Rigidez combinada del componente, los soportes y los accesorios, determinada en términos de carga por unidad de deflexión en el centro de gravedad del componente.

Anclaje y accesorios de elementos no estructurales

- **Fuerza de diseño en el accesorio**

La fuerza en el accesorio o anclaje, se determinará con base en las fuerzas y desplazamientos prescritos para el componente tal como se define en las Secciones 13.3.1 y 13.3.2 de la norma ASCE 7-22 respectivamente.

- **Anclajes en concreto o mampostería**

Cuando se requiera aplicar los efectos de carga sísmica incluyendo la sobrerresistencia (Sección 12.4.3 de la ASCE 7-22), Ω_0 se tomará como el valor del factor de sobrerresistencia del anclaje, Ω_0 , dado en Tablas 13.5-1 y 13.6-1 de esta norma.

- **Anclajes en concreto**

Los anclajes en concreto deben diseñarse de acuerdo con el Capítulo 17 de ACI 318.

- **Anclajes en mampostería**

Los anclajes en mampostería se diseñan de acuerdo con TMS 402. Además, es preciso que los anclajes se diseñen para regirse por la resistencia a la tracción o al corte de un elemento de acero dúctil.

- **Anclajes instalados posteriormente en concreto y mampostería**

Los anclajes instalados posteriormente en concreto, deben estar precalificados para aplicaciones sísmicas de acuerdo con ACI 355.2 u otros procedimientos de calificación aprobados. Los anclajes instalados posteriormente en mampostería, deben estar precalificados para aplicaciones sísmicas de acuerdo con los procedimientos de calificación aprobados.

- **Condiciones de instalación**

La determinación de las fuerzas en los accesorios considerará las condiciones previstas de instalación, incluidas las excentricidades y los efectos de palanca.

Componentes arquitectónicos

Los componentes arquitectónicos incluyendo sus soportes y accesorios deberán satisfacer con los requisitos solicitados. Además, los coeficientes se seleccionarán de la tabla 13.5-1 de la norma ASCE 7-22.

- **Fuerzas y desplazamientos**

Todos los componentes arquitectónicos, incluidos sus soportes y accesorios, se diseñarán para las fuerzas sísmicas definidas en la sección 13.3.1 de la ASCE 7-22.

Además, los componentes arquitectónicos que podrían representar un peligro para la seguridad de los usuarios, deben estar diseñados para adaptarse a los requerimientos solicitados de desplazamiento relativo sísmico de la sección 13.3.2 de la ASCE 7-22. Asimismo, los componentes se diseñarán considerando la deflexión vertical generada por la rotación conjunta de los miembros estructurales en voladizo.

- **Elementos y conexiones de paredes exteriores no estructurales**

Los paneles o elementos exteriores de paredes no estructurales que estén unidos o encerrados en la estructura, se diseñarán para acomodar los desplazamientos sísmicos relativos definidos en la sección 13.3.2 de la ASCE 7-22 y los movimientos causados por cambios de temperatura. Estos elementos se sostendrán mediante apoyos estructurales positivos y directos o mediante conexiones y fijaciones mecánicas de acuerdo con los siguientes requisitos:

- Las conexiones y uniones de paneles, deben permitir la deriva del piso causada por desplazamientos sísmicos relativos, D_{pI} , determinada en la Sección 13.3.2 de la ASCE 7-22, o 0.5 pulg. (13 mm), lo que sea mayor.
- Las conexiones que se adapten a la deriva del piso mediante mecanismos de deslizamiento o flexión de varillas de acero roscadas, cumplirán con lo que se estipula en la norma en la sección 13.5.3.
- El propio elemento de conexión deberá tener suficiente ductilidad y capacidad de rotación, para evitar la fractura del hormigón o fallos frágiles en las soldaduras o cerca de ellas.
- Todos los elementos de fijación del sistema de conexión, como pernos, inserciones, soldaduras y pasadores, así como el cuerpo de los conectores, se diseñarán para soportar la fuerza, F_p , determinada por la sección 13.3.1, utilizando los coeficientes de diseño aplicables tomados del cuadro 13.5-1 de la norma ASCE 7-22, aplicada en el centro de la masa del panel.
- Cuando el anclaje se realiza mediante correas planas incrustadas en hormigón o mampostería, dichas correas se sujetarán o engancharán alrededor del acero de refuerzo, para así garantizar que la extracción del anclaje no sea el mecanismo de fallo inicial.

- **Vidrio**

El vidrio de los muros cortina y escaparates acristalados, se diseñará e instalará de tal forma que se pueda acomodar sin rotura ni desplazamiento el requisito de desplazamiento relativo de la sección 13.5.9.

Cuando el vidrio esté fijado al marco del sistema de ventanas mediante un sellador estructural, se aplicarán también los requisitos de las normas de referencia enumeradas en la Tabla 13.5-2 de la ASCE 7-22.

- **Cielos rasos**

Fuerza sísmica

El peso del techo, W_p , incluirá la rejilla de techo; plafones o paneles de techo; accesorios de iluminación si están conectados, sujetos o apoyados lateralmente por la rejilla de techo; y otros componentes que están apoyados lateralmente por el techo. W_p se tomará como mínimo 4 lb/ft² (192 N/m²). La fuerza sísmica, F_p , se transmitirá a través de los accesorios del techo a los elementos estructurales del edificio o al límite de la estructura del techo.

Nota: En la normativa se considera que cuando se esté diseñando de acuerdo con la Sección 13.5.6.3, o se encuentre sísmicamente calificado de acuerdo con la Sección 13.2.6 o 13.2.7, los cielos rasos de losetas acústicas o de paneles colocados deben estar diseñados y contruidos de acuerdo con la sección 13.5.6.2 “Construcción estándar de la industria para cielos rasos de losetas”.

Construcción integral

Como alternativa a proporcionar grandes espacios libres alrededor de las penetraciones del sistema de rociadores a través de los techos, se permite que el sistema de rociadores y la rejilla del techo se diseñen y se unan como una unidad integral. Tal diseño deberá considerar la masa y la flexibilidad de todos los elementos involucrados, incluidos el techo, el sistema de rociadores, los artefactos de iluminación y los accesorios mecánicos (HVACR). Dicho diseño deberá ser realizado por un profesional de diseño registrado.

- **Particiones**

Las particiones que están atadas al techo, y todas aquellas mayores de 6 pies (1,8 m) de altura, se sujetarán lateralmente a la estructura del edificio. Dicho arriostramiento será independiente de cualquier refuerzo de fuerza lateral del techo. Los arriostramientos se espaciarán para limitar la deflexión horizontal en el cabezal de la partición, de tal manera que sean compatibles con los requisitos de deflexión del techo determinados en la sección 13.5.6 para los techos suspendidos y en otras partes de esta sección para otros sistemas.

- **Vidrio en muros cortina vidriados, escaparates vidriados y particiones vidriados**

El vidrio en muros cortina vidriados, escaparates vidriados y tabiques vidriados, debe cumplir con el requisito de desplazamiento relativo de la siguiente ecuación:

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 * D_{pl}$$

o 0,5 pulgadas (13 mm), lo que sea mayor, donde $\Delta_{fallout}$ es el desplazamiento sísmico relativo (deriva) en el que se produce el desprendimiento de vidrio del muro cortina, el muro del

escaparate o la partición (Sección 13.5.9.2); y D_{pl} es el desplazamiento sísmico relativo para el cual el componente debe ser diseñado (Sección 13.3.2). D_{pl} se aplicará sobre la altura del componente de vidrio en consideración.

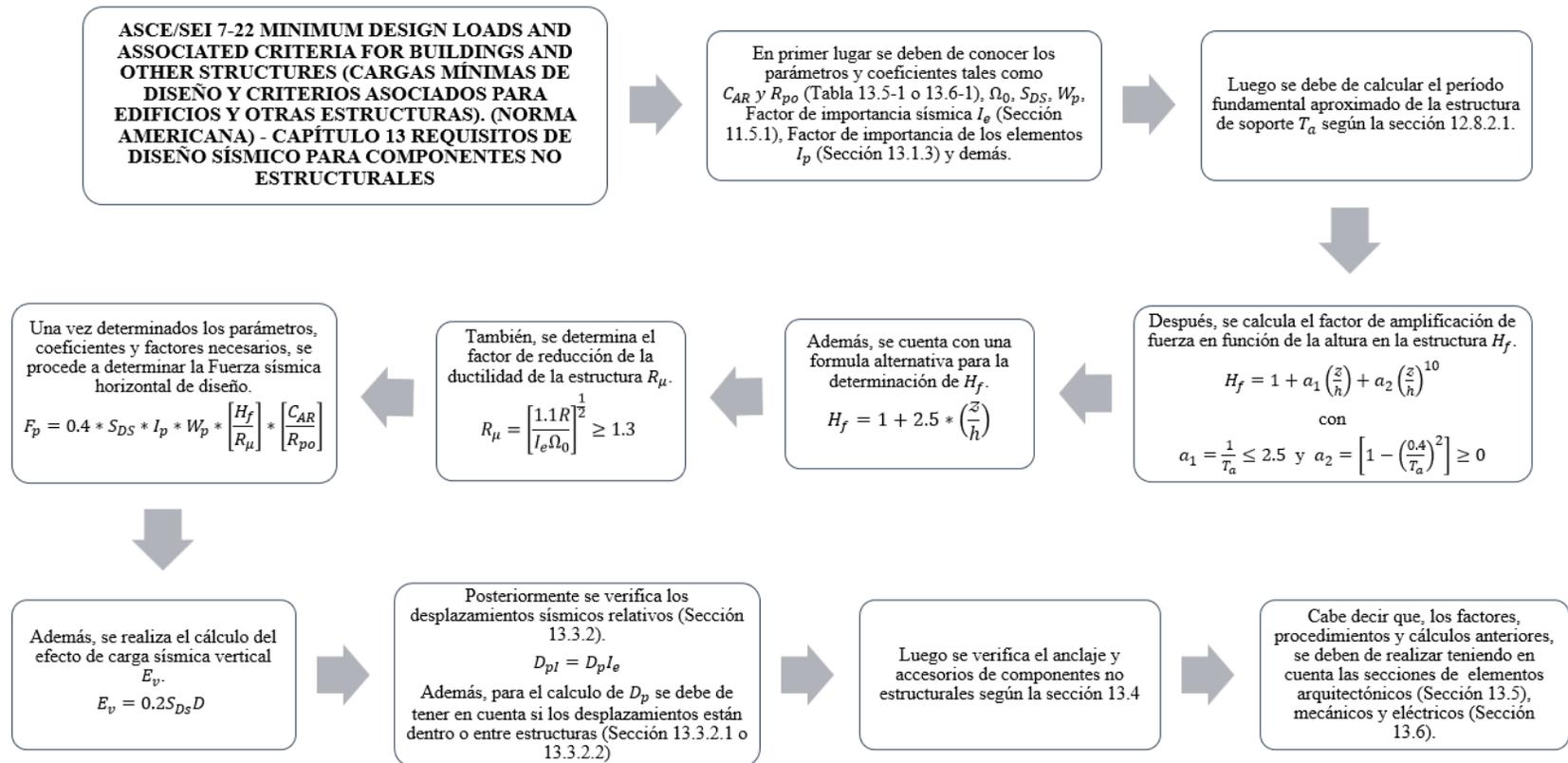
Límites de deriva sísmica para componentes de vidrio $\Delta_{fallout}$

La deriva que causa el desprendimiento del vidrio del muro cortina, el escaparate o la partición, se determinará de acuerdo con la norma AAMA 501.6 o mediante un análisis de ingeniería.

Mapa conceptual

A continuación, se mostrará un mapa conceptual acerca de la normativa ASCE/SEI 7-22, en donde se integra de manera concisa los pasos requeridos para la evaluación de los elementos no estructurales.

Figura 2. Mapa conceptual de la ASCE/SEI 7-22



Fuente: Elaboración propia

4.3.REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO

RESISTENTE NSR-10

Teniendo en cuenta la NSR-10, el capítulo en estudio que se contemplará es el “Capitulo A.9 Elementos no estructurales”, el cual establece los criterios de diseño para los elementos que no forman parte de la estructura; esto con el objetivo de que se cumplan con los requerimientos necesarios.

Cabe decir que, el capítulo en estudio, cubre las previsiones sísmicas que se deben considerar para el diseño de los elementos no estructurales y de sus anclajes a la estructura. Además, dentro de los elementos no estructurales que se deben diseñar sísmicamente se tienen:

- Acabados y elementos arquitectónicos y decorativos.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Estanterías.
- Instalaciones especiales.

Grado de desempeño de los elementos no estructurales.

Es el desempeño del comportamiento que tienen los elementos no estructurales de una edificación, frente a la ocurrencia del sismo de diseño que la esté afectando. Además, este desempeño se clasifica en los siguientes grados:

- **Superior:** Se refiere a que el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo, y no genera interferencia con la funcionalidad operacional de la edificación debido al acontecimiento del sismo de diseño.
- **Bueno:** Se refiere a que el daño presentado en los elementos no estructurales se puede reparar totalmente, y puede existir alguna interferencia con la funcionalidad operacional de la edificación después del acontecimiento del sismo de diseño.
- **Bajo:** Se refiere a que el daño que se presentan en los elementos no estructurales es grave e irreparable, pero sin que haya presencia de desprendimiento o colapso, debido al acontecimiento del sismo de diseño.

Cabe decir que, para cada uno de los grupos de uso definidos en la norma NSR-10, deben de cumplir como mínimo el grado de desempeño que se indica a continuación:

Tabla 5. Grado de desempeño mínimo requerido (Capítulo A.9, NSR-10)

Grado de desempeño mínimo requerido	
Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

Criterio de diseño

General

El diseñador puede tomar una de las dos estrategias en el diseño de elementos no estructurales, la cuales son:

- **Separarlos de la estructura:** Para este tipo de diseño los elementos no estructurales se aíslan lateralmente de la estructura, de tal manera que se deje una separación suficiente para que la estructura al presentar deformaciones como consecuencia del sismo, no genere afectaciones adversas a esta.

- **Disponer elementos que admitan las deformaciones de la estructura:** Para este tipo de diseño se establecen elementos no estructurales que se encuentran en contacto con la estructura, y que por tanto deben ser lo suficientemente flexibles para que logren resistir las deformaciones que la estructura presente. Esto sin sufrir un daño mayor que el que admite el grado de desempeño determinado para los elementos no estructurales de la edificación.

Fuerzas sísmicas de diseño

Las fuerzas sísmicas horizontales reducidas de diseño que actúan sobre cualquier elemento no estructural se calculan con la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$$

Donde:

F_p : Fuerza sísmica horizontal sobre el elemento no estructural, aplicada en su centro de masa.

M_p : Masa del elemento no estructural.

g : Aceleración debida a la gravedad ($g= 9.8 \text{ m/s}^2$).

I : Coeficiente de importancia dado en la sección A.2.5.2 de la NSR-10.

A_a : Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en la sección A.2.2 de la NSR-10.

a_p : Coeficiente de amplificación dinámica del elemento no estructural. Se puede encontrar en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1 de la NSR-10.

- **Amplificación dinámica del elemento no estructural, a_p :** Esta amplificación, a_p , debe ser determinada por medio de análisis dinámicos detallados o ensayos dinámicos experimentales. Si no se cuenta con alguno de los métodos anteriores, se pueden utilizar valores aproximados dados en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1 de la NSR-10, donde los valores de a_p varían entre 1.0 y 2.5.

a_x : Aceleración horizontal, expresada como un porcentaje de la aceleración de la gravedad, sobre el elemento no estructural, localizado en el piso x.

- **Aceleración en el punto de soporte del elemento, a_x :** Es la aceleración horizontal que se presenta en el punto donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación, cuando es afectada por los movimientos sísmicos de diseño. Además, se debe de evaluar por medio de un análisis dinámico de la estructura, en la que se tenga en cuenta su capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, o ya sea por medio de la siguiente ecuación compatible con las fuerzas sísmicas que se obtienen por medio del método de fuerza horizontal equivalente:

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

Donde:

h_{eq} : Altura equivalente del sistema de un grado de libertad que simula la edificación, y puede estimarse simplifícadamente como $0.75h_n$.

h_n : Altura en metros, medida desde la base, del piso más alto de la edificación, dado en la sección A.8.2.1.1 de la NSR-10.

S_a : Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Está definido en la sección A.2.6

h_x : Altura en metros, medida desde la base, del nivel de apoyo del elemento no estructural.

A_s : Aceleración máxima en la superficie del suelo, estimada como la aceleración espectral correspondiente a un período de vibración igual a cero, dado en la sección A.9.4.2.1 de la NSR-10.

R_p : Coeficiente de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento no estructural y sus sistemas de soporte. Se da en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1 de la NSR-10.

Capacidad de deformación.

Considerando lo establecido en la norma, al presentarse movimientos sísmicos de diseño, los elementos no estructurales sufren desplazamientos con respecto a la estructura de la edificación, los cuales no deben exceder las holguras de separación que se dejen, o deformaciones del mismo elemento que pongan en peligro su integridad. Además, la verificación

de los desplazamientos de estos elementos y sus anclajes o amarres, se fijan en función de las derivas máximas aceptables para la estructura que se encuentran prescritas en el Capítulo A.6 de la NSR-10. Por ende, en el diseño se tendrá en cuenta que el elemento debe ser capaz de resistir, sin sufrir un nivel de daño mayor que el admisible para su grado de desempeño, y las deformaciones que le impone la respuesta sísmica de la estructura.

Tipos de anclaje según el valor de R_p permitido para el elemento no estructural

En cuanto a los sistemas de anclaje de los elementos no estructurales, estos deben de tener una capacidad de disipación de energía en el rango inelástico y una ductilidad compatible con el nivel mínimo de R_p requerido para el elemento no estructural. Por consiguiente, se considerarán algunos de los tipos de anclaje usados en el medio y su grado de aceptabilidad para los distintos valores de R_p :

- **Especiales ($R_p = 6$):** Hace referencia a los anclajes diseñados siguiendo los requisitos del Título F de la norma NSR-10 para estructuras de acero estructural con capacidad de disipación especial (DES).
- **Dúctiles ($R_p = 6$):** Cuando el anclaje se realiza por medio de anclajes profundos los cuales hacen uso de químicos (epóxicos), anclajes profundos vaciados en el sitio, o anclajes vaciados en el sitio que cumplen los requisitos del Capítulo C.21.
- **No dúctiles ($R_p = 1.5$):** Se hace uso de este valor de R_p cuando el anclaje se lleva a cabo mediante pernos de expansión, anclajes superficiales que emplean químicos (epóxicos), anclajes superficiales vaciados en el sitio, o anclajes colocados por medio explosivos (tiros). Además, dentro de este tipo de anclajes se

pueden encontrar las barras de acero de refuerzo con ganchos en los extremos, los cuales se embeben dentro del mortero de pega de la mampostería.

- **Húmedos ($R_p = 0.5$):** Se tiene este valor de R_p cuando se hace uso del mortero, o de adhesivos que pegan directamente al mortero o al concreto, sin ningún tipo de anclaje mecánico resistente a tracción.

Elementos de conexión para componentes no estructurales

Las conexiones son los aditamentos que conectan el elemento no estructural con los anclajes a la estructura, y en algunas ocasiones las conexiones son el mismo elemento de anclaje. Por lo cual, para este tipo de elementos de conexión se consideran las fuerzas de diseño, las cuales se deben de tener en cuenta para ejecutar su diseño. Por lo cual, a continuación, se presentan los valores de las fuerzas con las cuales deberán ser diseñados estos elementos.

- En fachadas el elemento de conexión en sí, debe diseñarse para resistir una fuerza sísmica reducida de diseño igual a $1.33 * F_p$
- Todos los pernos, tornillos, soldaduras, y espigos que pertenezcan al sistema de conexión, deben diseñarse para $3.0 * F_p$.

Acabados y elementos arquitectónicos

En esta sección se dan a conocer los acabados y elementos arquitectónicos que considera la normativa NSR-10, y a su vez se contemplan los requisitos para diseñar estos elementos no estructurales.

Elementos que requieren especial cuidado en su diseño

El comportamiento sísmico de algunos elementos no estructurales representa una amenaza particularmente grave para la vida y, en algunos casos, puede provocar la falla de elementos estructurales críticos, como lo son las columnas. Además, estos elementos incluyen:

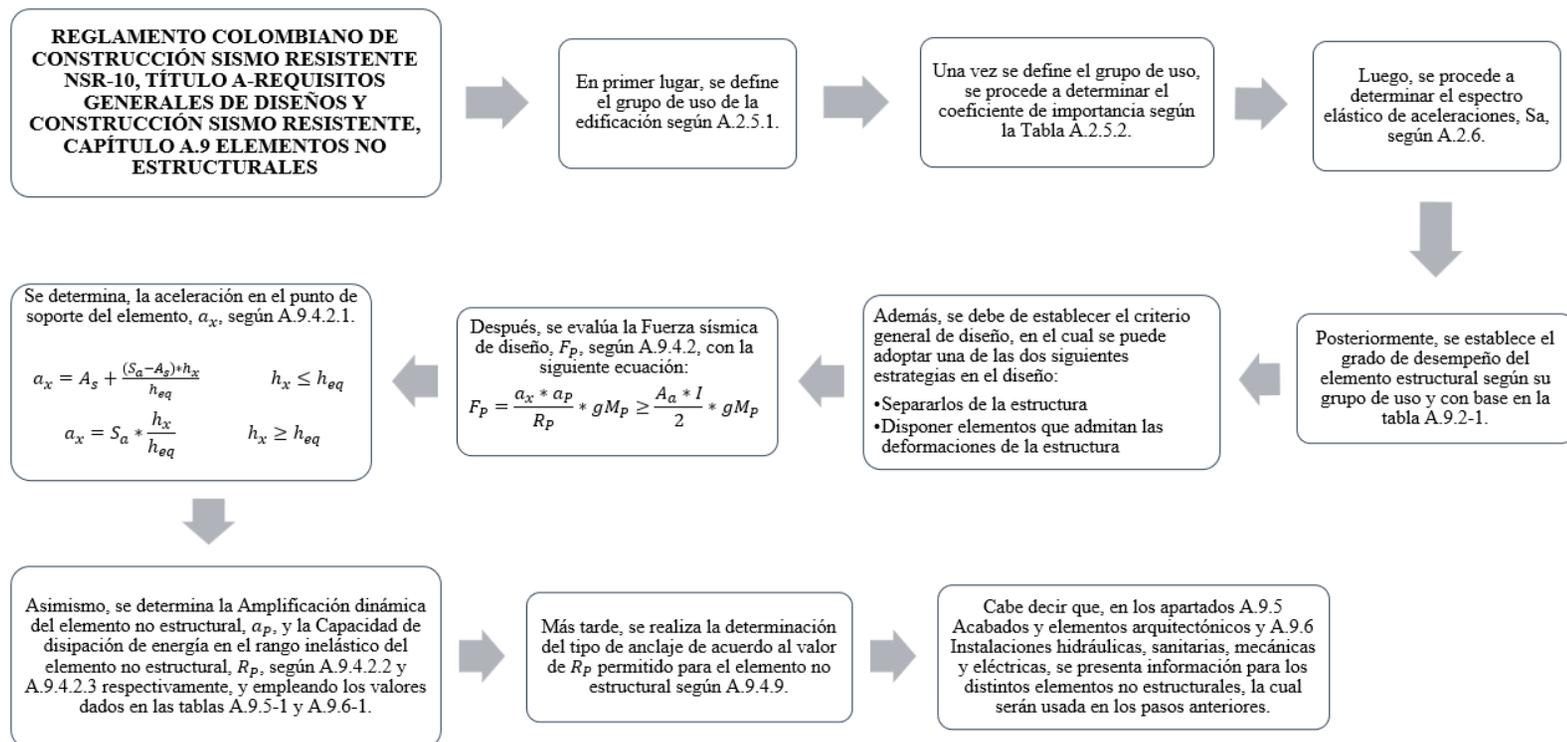
- **Muros de fachada:** Estas deben diseñarse y construirse de manera que sus componentes no colapsen como resultado de un terremoto. Además, las partes deben estar correctamente conectadas a la estructura, para que no se caigan y pongan en peligro a los transeúntes.
- **Muros interiores:** Se deben de tener en cuenta las precauciones necesarias para evitar el vuelco de los muros interiores y particiones. Para sistemas vidriados de fachadas véase el Capítulo K4.
- **Cielos rasos:** Se deberá considerar que el desprendimiento y caída de los cielos rasos representa un peligro grave para las personas. Además, que se deben de tener en cuenta en el diseño la interacción de los elementos arquitectónicos, hidráulicos, mecánicos y eléctricos que se incorporen dentro de él.
- **Enchapes de fachada:** Para su diseño, los enchapes de fachada se deben de considerar como un sistema que incluye todos sus componentes (soporte, morteros de relleno o revoque, adhesivos y enchape). Además, para el diseño del movimiento del sistema de fachada, se debe tener en cuenta la integridad o deformación del soporte como resultado de los efectos de temperatura, humedad, cambios climáticos, y consideraciones especiales.

- **Áticos, parapetos y antepechos:** Cuando la cubierta de la edificación se encuentre conformada por tejas o elementos frágiles, se debe de considerar en el diseño la posibilidad de que el parapeto falle hacia adentro, cayendo sobre la cubierta, causando su mal funcionamiento y poniendo en peligro a los ocupantes del último piso.
- **Vidrios:** Se deben tomar precauciones para proporcionar el suficiente espacio libre dentro del montaje del vidrio o de la ventanería, esto con el fin de evitar roturas o garantizar que la rotura se produzca de forma segura. El uso de películas protectoras, vidrios templados y vidrios triplados son otras alternativas para evitar el peligro asociado con la rotura del vidrio. El uso de vidrios de seguridad es una alternativa para reducir el riesgo de la rotura del vidrio. Consultar el Capítulo K4, para especificaciones de vidrio, productos de vidrio y sistemas vidriados.
- **Paneles prefabricados de fachada:** Cuando se haga uso de este tipo de elementos, hay que tener en cuenta que, se debe dejar suficiente espacio libre para permitir que la estructura se deforme sin afectar los paneles. Además, los paneles deben de estar debidamente conectados al sistema estructural sísmico, para así evitar su desprendimiento. En caso de que sean de vidrio, véase Capítulo K4.
- **Columnas cortas o columnas cautivas:** Para el diseño de estos elementos, se debe de considerar que, en este caso el muro debe separarse de la columna, o ser llevado hasta la losa de entrepiso en su parte superior, si se deja adherido a la columna.

Mapa conceptual

Con el fin recopilar la información presentada en la normativa NSR-10. A continuación, se presentará un mapa conceptual en donde se integra de manera concisa los pasos requeridos para la evaluación de los elementos no estructurales.

Figura 3. Mapa conceptual de la NSR-10.



Fuente: Elaboración propia.

5. COMPARACIÓN DE LAS NORMATIVAS EN ESTUDIO

En este capítulo se realizará un análisis comparativo de las normas nombradas en el presente documento (NTE-E.030, NSR-10 y ASCE 7-22); esto con el fin de examinarlas y establecer los atributos o parámetros que las hacen similares, las diferencias que hay entre ellas y así mismo identificar aquellos que serían viables y de gran aporte a la normativa NSR-10.

Además, la comparación de las normativas sobre el diseño de los elementos no estructurales, se verá reflejada en algunos factores o parámetros más relevantes, los cuales se tienen en cuenta para su metodología de diseño. Por lo tanto, a continuación, se presentará una tabla en donde se realiza la comparación de las normativas, teniendo en cuenta los parámetros más importantes:

Tabla 6. Comparación de normas.

Comparativa de las normativas																							
Parámetro de estudio	Normativa Americana ASCE/SEI 7-22 Capítulo 13	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Capítulo A.9	Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"(Perú NTE-E.030) Capítulo 6																				
Factor de importancia del elemento	A todos los elementos se les asignará un Factor de Importancia $I_p = 1.5$ siempre y cuando se cumplan alguna de las condiciones presentadas en la normativa, según la sección 13.1.3. Además, para todos los demás elementos que no se encuentren dentro de las condiciones se les asignará un factor de importancia $I_p = 1.0$.	No Aplica	No Aplica																				
Factor de importancia de la estructura	<p>Le se determina según la Sección 11.5.1 y Sección 1.5 de la norma.</p> <p>Table 1.5-2. Importance Factors by Risk Category of Buildings and Other Structures for Earthquake Loads.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Risk Category from Table 1.5-1</th> <th>Seismic Importance Factor, I_e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>	Risk Category from Table 1.5-1	Seismic Importance Factor, I_e	I	1.00	II	1.00	III	1.25	IV	1.50	<p>La normativa adopta el coeficiente de importancia de acuerdo al capítulo A.2.5.2.</p> <p>Tabla A.2.5-1 Valores del coeficiente de importancia, I</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupo de Uso</th> <th>Coefficiente de Importancia, I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>1.10</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I	IV	1.50	III	1.25	II	1.10	I	1.00	La normativa adopta el factor de uso o importancia según el capítulo 3, Tabla N°5 Categoría de las edificaciones y factor U.
Risk Category from Table 1.5-1	Seismic Importance Factor, I_e																						
I	1.00																						
II	1.00																						
III	1.25																						
IV	1.50																						
Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I																						
IV	1.50																						
III	1.25																						
II	1.10																						
I	1.00																						
Grado de desempeño	No Aplica	<p>La normativa adopta un grado de desempeño de acuerdo al capítulo A.9.2.3.</p> <p>Tabla A.9.2-1 Grado de desempeño mínimo requerido</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupo de Uso</th> <th>Grado de desempeño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV</td> <td>Superior</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Superior</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>Bajo</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo de Uso	Grado de desempeño	IV	Superior	III	Superior	II	Bueno	I	Bajo	No Aplica										
Grupo de Uso	Grado de desempeño																						
IV	Superior																						
III	Superior																						
II	Bueno																						
I	Bajo																						

Tabla 7. Comparación de normas.

Comparativa de las normativas			
Parámetro de estudio	Normativa Americana ASCE/SEI 7-22 Capítulo 13	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Capítulo A.9	Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"(Perú NTE-E.030) Capítulo 6
Fuerza sísmica de diseño	La fuerza de diseño está dada por la siguiente ecuación: $F_p = 0.4 * S_{DS} * I_p * W_p * \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] * \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right]$	La fuerza de diseño está dada por la siguiente ecuación: $F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p$	La fuerza de diseño está dada por la siguiente ecuación: $F = \frac{a_i}{g} * C_1 * P_e$
Fuerza sísmica de diseño formula alternativa	No Aplica	No Aplica	Se tiene una formula alternativa debido a la falta de los resultados de un análisis dinámico. Por lo cual, se podrá utilizar la siguiente ecuación: $F = \frac{F_i}{P_i} * C_1 * P_e$
Condiciones a cumplir de las fuerzas sísmicas de diseño	Se debe cumplir que: $0.3 * S_{DS} * I_p * W_p < F_p < 1.6 * S_{DS} * I_p * W_p$	Se debe cumplir que: $F_p \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$	Se debe cumplir que: $F \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$
Desplazamientos sísmicos relativos	Los desplazamientos sísmicos relativos, se calcularán de acuerdo a la siguiente ecuación: $D_{pl} = D_p * I_e$	No Aplica	No Aplica
Anclajes y accesorios de elementos no estructurales	Los elementos no estructurales y sus soportes deben estar unidos (o anclados) a la estructura de acuerdo con los requisitos de la Sección 13.4.	La normativa presenta condiciones para determinar el tipo de anclaje a usar de acuerdo al valor de Rp, según el capítulo A.9.4.9.	No Aplica
Tipo de anclaje para el elemento no estructural	-Anclaje en concreto o mampostería. -Anclajes instalados posteriormente en concreto y mampostería. -Condiciones de instalación. -Conexiones múltiples. -Sujetadores accionados eléctricamente. -Clips de fricción.	Se indican algunos de los tipos de anclaje empleados en el medio y su grado de aceptabilidad para los diferentes valores de Rp: -Especiales Rp=6 -Dúctiles Rp=6 -No dúctiles Rp=1.5 -Húmedos Rp=0.5	No Aplica
Fuerza de diseño para anclajes	La fuerza en el accesorio o anclaje se determinará con base en las fuerzas y desplazamientos prescritos para el elemento tal como se determina en las Secciones 13.3.1 y 13.3.2 de la norma.	Se da a conocer el valor de las fuerzas con las cuales se deben diseñar algunas de las conexiones: -En fachadas el elemento de conexión en sí, debe diseñarse para resistir una fuerza sísmica reducida de diseño igual a 1.33*Fp. -Todos los pernos, tornillos, soldaduras, y espigas que pertenezcan al sistema de conexión, deben diseñarse para 3.0*Fp.	No Aplica

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se muestra la comparativa de los parámetros más relevantes que se consideraron para las tres normativas. Por consiguiente, se realizarán las observaciones que se

encontraron de acuerdo a similitudes, diferencias o parámetros que no se estén teniendo en cuenta en las metodologías de diseño de cada una de las normas:

- Con respecto al factor de importancia del elemento, este solo es estimado en la normativa americana, además de que este factor es asignado considerando algunas condiciones para el diseño. Asimismo, se puede observar que en la normativa colombiana y peruana no se está considerando este factor, el cual podría representar un valor importante para el cálculo de la fuerza de diseño a calcular. Por ende, sería importante que se tuviera en cuenta este tipo de factor que va asociado al elemento, en las normativas en donde no se esté aplicando, para así poder aumentar la seguridad en el diseño.
- Es importante considerar que, para las tres normativas se hace uso del factor de importancia de la estructura. Sin embargo, este factor es usado en diferentes formulaciones, es decir que, para la normativa americana, este factor es usado para determinar los desplazamientos sísmicos relativos que se deben estimar en el diseño, mientras que, para las normas peruana y colombiana, este factor se usa para determinar la Fuerza Sísmica de Diseño, la cual va a ser usada para los respectivos cálculos del diseño de los elementos no estructurales.
- El realizar una distinción tanto para el factor de importancia del elemento como para el factor de importancia de la estructura, sería beneficioso para la normativa colombiana, ya que, de esta manera durante el cálculo de la fuerza de diseño, se hará uso del factor más crítico entre los dos y de la misma forma generar mayor seguridad en el diseño del elemento. La normativa colombiana también podría

adoptar la metodología que tiene la norma americana con respecto al uso de los factores de importancia.

- En cuanto al parámetro del grado de desempeño, la norma colombiana clasifica en tres grados (superior, bueno y bajo) el comportamiento que tienen los elementos no estructurales cuando se presenta el sismo de diseño. Este grado de desempeño ayuda a aumentar la rigurosidad el diseño del elemento. Las normas peruana y americana no cuentan con esta clasificación en su metodología de diseño.
- Con relación a la formulación para determinar la fuerza sísmica de diseño, las tres normativas cuentan con su respectiva ecuación. Se puede decir que la norma americana es la que considera más factores para el cálculo de esta fuerza. Además, las normativas tanto colombiana como peruana, contemplan algunos factores y carecen de otros con respecto a la norma americana. Por tanto, sería conveniente para la normativa colombiana adoptar o hacer uso de más factores para el cálculo de la fuerza sísmica de diseño, con el fin de incrementar la seguridad y eficiencia de los cálculos, asimismo el garantizar una modelación más exacta de la fuerza.
- En relación a la formulación alternativa para el cálculo de la fuerza sísmica de diseño, la norma peruana cuenta con otra opción para la determinación esta fuerza, esto debido a la falta de los resultados de un análisis dinámico. La normativa colombiana y americana no cuenta con una alternativa para el cálculo de esta fuerza.

- Es importante resaltar que las tres normativas cuentan con su respectivo chequeo, es decir, que la fuerza sísmica de diseño debe cumplir con las condiciones que se exponen en cada una de las normas.
- Es resaltable hacer un énfasis en la determinación de los desplazamientos sísmicos relativos, ya que las normativas tanto peruana como colombiana no lo mencionan o no contemplan este parámetro, el cual es de gran importancia para un diseño sísmico. Por tanto, sería conveniente considerar este parámetro dentro del diseño de los elementos no estructurales, con el fin de mejorar la metodología de diseño.
- En cuanto a los anclajes y accesorios de los elementos no estructurales, tanto la normativa colombiana como la americana cuentan con información para determinar la elección del tipo de anclaje. Sin embargo, la norma peruana no tiene un capítulo en donde se especifique el tipo de anclaje o accesorio a usar o los requisitos para estos.
- Considerando el tipo de anclaje, la norma colombiana presenta algunas condiciones o criterios asociados al valor de R_p , el cual permite definir el anclaje a usar; y a su vez la normativa americana cuenta con un capítulo para estos elementos de conexión, lo cuales dependen de las condiciones a las que se piense anclar el elemento. No obstante, la normativa peruana no presenta información acerca de los anclajes en el capítulo 6 sobre elementos no estructurales. Cabe decir que, para la normativa colombiana, sería factible que se tengan en consideración los criterios o condiciones que la metodología americana adopta, para así mejorar y complementar la información acerca de estos elementos.

- Teniendo en cuenta la fuerza sísmica para los anclajes, la norma colombiana contempla algunos factores dependiendo el tipo de conexión, con el fin de afectar la fuerza y con ello determinarla, para así realizar el diseño pertinente. Además, la normativa americana también estima la fuerza sísmica para el accesorio, para así realizar los respectivos cálculos. No obstante, la metodología de diseño peruana no cuenta con información respecto a la fuerza sísmica para los anclajes.

6. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

6.1.Registro fotográfico

En primer lugar, el caso de estudio a considerar es el Hospital Susana López de Valencia, ubicado en la ciudad de Popayán, en el departamento del Cauca. Además, se trabajará con este tipo de estructura, ya que se encuentra especificada como una edificación indispensable, es decir, que esta debe de funcionar durante y después de un sismo. Por lo cual, presenta un nivel de importancia alto, debido a que esta estructura debe estar en un constante funcionamiento, con el fin de prestar sus servicios al público. Por tanto, en el presente trabajo, se abarcó el bloque de adultos, el cual cuenta con 3 niveles.

Por otro lado, con el fin de reconocer el lugar de estudio y los elementos no estructurales presentes, se llevaron a cabo visitas técnicas, para así de esta manera determinar los elementos que se van a estudiar.

Asimismo, durante las visitas al sitio se realizaron los recorridos respectivos, y así mismo se tomó el registro fotográfico correspondiente a cada uno de los elementos no estructurales que se seleccionaron para llevar a cabo el estudio.

La estrategia de trabajo manejada al momento de seleccionar los elementos estructurales a examinar, fue la de revisar el acceso que se tiene a ellos y la facilidad de realizar la estimación de la verificación de los elementos, por lo cual, el registro fotográfico posibilitó la selección de los elementos no estructurales a revisar. Por ende, a continuación, se presentan los elementos no estructurales seleccionados:

- **Cilindro de oxígeno**

Los cilindros o tanques de oxígeno están ubicados en lugares de fácil y rápido acceso; además estos elementos contienen un material inflamable. Por lo cual, este elemento debe estar bien sujeto o anclado, para así evitar de que éste se vuelque y dañe lo que es su válvula, y al mismo tiempo impide accidentes o daños al personal del hospital, a los pacientes y a otros equipos o herramientas que se encuentren cerca.

Además, se puede observar que, el elemento tiene las siguientes dimensiones: un diámetro de aproximadamente 0.232 m, una altura de 1.49 m, y un peso de 58Kg. Asimismo, cuenta con un tipo de anclaje a base de tornillos “golosos” y una cadena.

Figura 4. Cilindro de oxígeno



Fuente: Elaboración propia

- Gabinete

Los gabinetes son elementos no estructurales de gran relevancia, ya que tienen como finalidad el almacenar suministros, documentaciones, y demás. Por lo cual, son indispensables en el uso cotidiano de un centro de salud.

Cabe decir que, el elemento en cuestión es del tipo metálico y cuenta con unas dimensiones de 60 cm de ancho, 70 cm de altura, un fondo de 36.5 cm, un espesor de 1.5 mm, y un tipo de anclaje a base de 4 tornillos “golosos”. Además, es importante destacar la carga que este equipo genera sobre el anclaje a la pared, ya que este tipo de elementos se encuentra de manera suspendida, es decir, no tiene apoyo tanto en el techo como en el suelo.

Figura 5. Gabinete



Fuente: Elaboración propia

- Estanterías

Este elemento no estructural se encuentra ubicado en distintas zonas del hospital, y se usan usualmente para almacenar materiales médicos o implementos necesarios para los pacientes, por lo cual, deben de estar bien ancladas o sujetas a las paredes, para así evitar el riesgo de caerse.

Además, las estanterías con las que se cuentan son del tipo metálico, y presentan unas medidas alrededor de 2 metros de altura, 1.5 metros de longitud y 40 centímetros de fondo. Al mismo tiempo se pudo evidenciar que, estos elementos no cuentan con un tipo de anclaje o fijación para así mantener estable el componente no estructural.

Figura 6. Estantería



Fuente: Elaboración propia

- Mesa

Las mesas son muebles que permiten dar cobertura a las necesidades tanto del personal trabajador como de los pacientes. Además, estas deben de ser fáciles de limpiar y desinfectar, esto con el fin de mantener un óptimo estado del elemento.

Asimismo, se debe de considerar que este tipo de elemento sostiene equipos como lo son computadoras, herramientas de laboratorio y demás. Por ende, se deben de tomar medidas de seguridad para proteger los equipos y los suministros de laboratorio de los movimientos o daños causados por un sismo, ya que estos equipos almacenan información o permiten realizar los estudios que requieren los pacientes. Por lo cual, las mesas que sostienen estos equipos deben de ser seguras y que no se muevan.

Por otro lado, la mesa en estudio se encuentra en el área de laboratorio clínico, en donde se recogen y analizan muestras. Esta mesa es metálica y cuenta con las siguientes dimensiones: Ancho de 1.2 m, altura de 0.9 m y un fondo de 0.7 m.

Figura 7. Mesa



Fuente: Elaboración propia

- Muro divisorio

El muro en estudio se encuentra ubicado en la zona de urgencias del bloque adultos. Además, es un muro en drywall (particiones de yeso), el cual hace parte de los muros divisorios, como su nombre lo indica, sirven para dividir espacios y estos solo soportan su carga de peso propio. Asimismo, estos elementos deben de estar en buen estado, para así evitar la afectación tanto de la seguridad como del funcionamiento del hospital.

Por otro lado, el muro divisorio presenta las siguientes dimensiones: ancho y altura de 2.4 m y un fondo o espesor de 0.12 m.

Figura 8. Muro divisorio



Fuente: Elaboración propia

6.2. Memoria de cálculo de elementos no estructurales adoptados

En este capítulo se recopilará la memoria de cálculo acerca del chequeo de los elementos seleccionados anteriormente. Por ende, se dará a conocer los respectivos cálculos y propuestas de

anclaje para los elementos. Además, se tiene en cuenta el uso de las normativas adoptadas, para así considerar las diferentes metodologías que propone cada una de las normas.

6.2.1. Espectro elástico de diseño

En primer lugar, se hace la determinación del espectro elástico de diseño para la ciudad de Popayán teniendo en cuenta los coeficientes y valores correspondientes para el cálculo de éste. Asimismo, se tendrá en cuenta este valor para definir la aceleración de piso que se usará para el cálculo con las diferentes normas.

Por lo cual, para realizar el cálculo de espectro elástico de diseño se debe contemplar lo siguiente:

Datos

- Ciudad: Popayán
- Zona de sismicidad: Alta
- Tipo de suelo: D
- Tipo de edificación: Hospital

Luego, se procede a definir:

- Coeficiente de importancia

Considerando que la edificación del proyecto, es un hospital, y teniendo en cuenta lo indicado en el Capítulo A.2, en la sección A.2.5 – Coeficiente de importancia, y A.2.5.1 – Grupos de uso, se tiene que:

Grupo de uso: IV

Posteriormente, en la sección A.2.5.2 - Coeficiente de importancia, en la tabla A.2.5-1 Valores del coeficiente de importancia, I, se podrá definir el valor del coeficiente, por lo tanto, se tiene:

Tabla 8. Valores del coeficiente de importancia, I (Capítulo A.2, NSR-10)

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

Coeficiente de importancia (I) = 1.5

- Coeficientes sísmicos

Ahora, contemplado el Apéndice A-4 valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. Se puede decir que, para Popayán, Cauca, se tiene un coeficiente Aa, Av, Ae, y Ad de:

$$Aa = 0.25$$

$$Av = 0.20$$

$$Ae = 0.15$$

$$Ad = 0.08$$

- Coeficientes de amplificación

En la Figura A.2.4-1 - Coeficiente de amplificación Fa del suelo para la zona de períodos cortos del espectro y en la Figura A.2.4-2 - Coeficiente de amplificación Fv del suelo para la

zona de períodos intermedios del espectro, se tiene un coeficiente F_a y F_v para un suelo D en la ciudad de Popayán de:

$$F_a = 1.3$$

$$F_v = 2$$

Cálculo del valor de S_a y A_s

Una vez determinados los datos anteriores se procede a determinar el S_a , según la sección A.2.6 - Espectro de diseño, A.2.6.1.1 — Para períodos de vibración menores de T_C , donde S_a , se determina de la siguiente manera:

$$S_a = 2.5 * A_a * F_a * I$$

$$S_a = 2.5 * 0.25 * 1.3 * 1.5$$

$$S_a \approx 1.2188$$

Luego, se procede a calcular el valor de A_s de la siguiente manera:

$$A_s = A_a * F_a * I$$

$$A_s = 0.25 * 1.3 * 1.5$$

$$A_s \approx 0.488$$

6.2.2. Cilindro de oxígeno

Para el diseño de este elemento se tendrá como base la normativa peruana, considerando los criterios o factores correspondientes para los cálculos.

Datos del elemento

- Ancho (Diámetro): 0.232 m
- Altura: 1.49 m
- Espesor: 0.0058 m
- Peso del elemento + Contenido: 58 Kg

Gravedad: 9.81 m/s²

Aceleración de piso

Ahora, para el cálculo de este parámetro, se contempla las siguientes ecuaciones de acuerdo a la norma NSR-10:

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

Además, se cuenta con los siguientes valores:

$$h_x = 1 \text{ m}$$

$$h_n = 3 \text{ m}$$

$$h_{eq} = 0.75 * h_n = 0.75 * 3m = 2.25 m$$

Por tanto,

$$h_x = 1m \leq h_{eq} = 2.25 m$$

Entonces, la aceleración de piso se calcula de la siguiente manera

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}}$$

$$a_x = 0.488 + \frac{(1.2188 - 0.488) * 1m}{2.25m} = 0.8125$$

Cálculo de la fuerza de diseño

En este ítem se determina la fuerza de diseño con respecto a lo especificado en la normativa peruana, por lo cual, este cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{a_i}{g} * C_1 * P_e$$

Donde:

Para el valor de la aceleración, debido a que la aceleración colombiana no presenta unidades, es decir, que es adimensional, ésta se debe de afectar por la gravedad, para así poderla usar en la ecuación de la fuerza de diseño peruana.

$$a_i = 0.8125 * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$C_1 = 3 \text{ (Según Tabla N°12 Valores de } C_1 \text{ de la NTE – E.03)}$$

$$P_e = 58 Kg$$

Por tanto,

$$F = \frac{0.8125 * 9.81 \frac{m}{s^2}}{9.81 \frac{m}{s^2}} * 3 * 58 kg = 141 Kgf$$

Ahora, se debe de revisar que el valor de F cumpla con lo siguiente:

$$F \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$$

Donde:

Se toma una zona 4, la cual corresponde a una zona de alta sismicidad, por lo cual, el valor de Z según la tabla N°1 Factores de zona "Z" de la NTE-E.03 es:

$$Z = 0.45$$

El factor de U se toma según Tabla N°5 Categoría de las edificaciones y factor "U" de la NTE-E.03, por tanto, el valor de U es:

$$U = 1.5$$

El factor S se toma según Tabla N°5 Factor de suelo "S" de la NTE-E.03, por tanto, el valor de S es:

$$S = 1.05$$

Entonces,

$$0.5 * Z * U * S * P_e = 0.5 * 0.45 * 1.5 * 1.05 * 48Kg = 20.55 Kgf$$

Por tanto,

$$F = 141Kgf > 0.5 * Z * U * S * P_e = 20.55 Kgf \rightarrow \text{Cumple}$$

Luego, se procede a pasar el valor de F=117 Kg-f a KN de la siguiente manera

$$F = \frac{141 Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{1000} = 1.39KN$$

Chequeo del anclaje con tornillos

- Número de tornillos: 3
- Tipo de tornillos: “golosos”
- Diámetro:5mm

Se calcula el área del tornillo

$$A_b = \frac{\pi * (5mm)^2}{4} = 19.63mm^2$$

Luego, se toma el siguiente valor de resistencia a la tracción mínima tracción (Fnt) de la siguiente tabla:

Tabla 9. Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS)

Clase de propiedad	Rango nominal de tamaño (mm)	Prueba de fuerza (MPa)	Resistencia elástica, min (MPa)	Resistencia a la tracción, min (MPa)	Material
4.6	5-100	225	240	400	Acero de bajo o medio carbono
4.8	1.6-16	310	340	420	Acero de bajo o medio carbono; total o parcialmente templado
5.8	5-24	380	420	520	Acero de bajo o medio carbono; trabajado en frío
8.8	Menor a 16 (incl.)	660	640	800	Acero de medio carbono; templado y bonificado

$$Fnt = 420 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular los valores de resistencia de diseño en tracción de la siguiente manera:

$$\phi * Rn = \phi * Fn * Ab$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia de diseño en tracción

$$\phi * Rnt = \phi * Fnt * Ab = 0.75 * 420 \text{ MPa} * 19.63 \text{ mm}^2 * \frac{1000 \text{ KN}}{1 \text{ N}} * 1 = 6.185 \text{ KN}$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

- Para tracción

$$n = \frac{D}{C} = \frac{\frac{1.39 \text{ KN}}{3}}{6.185 \text{ KN}} = 0.07474 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Propuesta de anclaje

Aunque el elemento en estudio cumple con el requerimiento, se es necesario proponer otro tipo de fijación para así proporcionar más seguridad y estabilidad al elemento. Esto con el fin de que, este no vaya a volcarse al solo tener un solo sistema de anclaje. Además, se debe cumplir con que el cilindro se encuentre anclado con más de un anclaje.

Por lo cual, se propone que, se use una placa de ¼ in de espesor con un Fu=400MPa, tanto en la parte de arriba como abajo del cilindro de oxígeno, las cuales se encontrarán cada una fijadas con dos pernos tipo A325, con un diámetro de ½ in. (Esquema en el Anexo B.)

Por consiguiente, para el chequeo del anclaje, se debe de tener en cuenta el valor de la fuerza de diseño calculada con la norma peruana. Además, de que se debe de revisar la resistencia a tensión, a cortante, al aplastamiento y el chequeo de separación mínima al borde, según la normativa NSR-10.

Entonces, para realizar el chequeo se tomará una placa y dos pernos, ya que ambas placas son simétricas.

- Número de pernos por placa: 2
- Diámetro del perno (d): ½ in
- Tipo de perno: A325

Se calcula el área del perno

$$A_b = \frac{\pi * \left(\frac{1}{2} \text{ in}\right)^2}{4} = 0.196 \text{ in}^2$$

Luego, se realiza la revisión de la resistencia a tensión y cortante para el perno, por lo cual, se toman los siguientes valores de resistencia nominal a cortante (F_{nv}) y a tensión (F_{nt}) para un tipo de perno A325, según la normativa NSR-10, en la tabla F.2.10.3-2.

$$F_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$F_{nv} = 370 \text{ MPa}$$

Más tarde, se procede a calcular los valores de resistencia a tensión y a cortante de la siguiente manera:

$$\phi * R_n = \phi * F_n * A_b$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia a tensión para los dos pernos en una placa

$$\phi * Rn = \phi * Fnt * A_b * \# \text{ de agujeros}$$

$$\phi * Rn = 0.75 * 620MPa * 0.196in^2 * \frac{(25.4mm)^2}{1in^2} * \frac{1000KN}{1N} * 2 = 117.81KN$$

Resistencia a cortante para los dos pernos en la placa

$$\phi * Rn = \phi * Fnv * A_b * \# \text{ de agujeros}$$

$$\phi * Rn = 0.75 * 372MPa * 0.196in^2 * \frac{(25.4mm)^2}{1in^2} * \frac{1000KN}{1N} * 2 = 70.69 KN$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

- Para tracción de todos los pernos en una placa

$$n = \frac{D}{C} = \frac{\frac{1.39KN}{2}}{117.81KN} = 0.00589 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Para corte de todos los pernos en una placa

$$n = \frac{D}{C} = \frac{\frac{1.39KN}{2}}{70.31KN} = 0.00981 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Ahora, se revisa la resistencia al aplastamiento según la sección F.2.10.3.10 de la NSR-10, para una placa:

- Espesor de la placa (t): ¼ in
- Longitud de la placa: 48 cm

- Ancho de la placa: 6cm
- $F_u = 400\text{MPa}$
- Número de agujeros para una placa: 2
- Diámetro del perno (d): $\frac{1}{2}\text{ in}$
- L_{c1} (Distancia desde el borde libre hasta el borde del agujero): $2.3\text{cm} * \frac{1\text{in}}{2.54\text{cm}} = 0.906\text{in}$
- L_{c2} (Distancia entre los bordes del agujero): $40.8\text{ cm} * \frac{1\text{in}}{2.54\text{cm}} = 16.063\text{ in}$

Por lo tanto, se tiene que,

$$R_n = 1.2 * L_c * t * F_u \leq 2.4 * d * t * F_u$$

$$\phi = 0.75$$

Donde

$$R_{na} = 1.2 * L_c * t * F_u$$

$$R_{nb} = 2.4 * d * t * F_u$$

Y se escoge el menor entre R_{na} y R_{nb} .

El valor de L_c es el menor entre L_{c1} y L_{c2} , por lo cual, L_c tiene un valor de:

$$L_c = 0.906\text{ in}$$

Luego, se procede a calcular R_{na} y R_{nb}

$$R_{na} = 1.2 * 0.906\text{in} * \frac{1}{4}\text{ in} * 400\text{MPa} * \frac{(25.4\text{mm})^2}{1\text{in}^2} * \frac{1\text{KN}}{1000\text{N}} = 70.10\text{ KN}$$

$$R_{nb} = 2.4 * \frac{1}{2} in * \frac{1}{4} in * 400MPa * \frac{(25.4mm)^2}{1in^2} * \frac{1KN}{1000N} = 77.42 KN$$

Por lo tanto, se escoge el menor entre R_{na} y R_{nb} .

$$R_n = 70.10 KN$$

Luego se procede a calcular ϕR_n para todos los agujeros en una placa.

$$\phi * R_n = 0.75 * 70.10 KN * 2 = 105.16 KN$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

$$n = \frac{D}{C} = \frac{1.39KN}{105.16KN} = 0.00659 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Este mismo procedimiento se realiza para la otra placa, por lo cual, debido a que son simétricas, se obtendrán los mismos resultados.

Chequeo de separación

Se procede a realizar el chequeo la separación mínima al borde, de la siguiente manera:

Distancia mínima al borde, sección F.2.10.4.4 según la norma NSR-10

$$S_{minborde} = 19.1mm \rightarrow \text{Según Tabla F. 2.10.3 – 4 de la NSR – 20}$$

$$S_{borde} = 23mm$$

$$S_{borde} = 23mm > S_{minborde} = 19.1mm \rightarrow \text{Cumple}$$

6.2.3. Gabinete

Para el diseño de este elemento se tendrá en cuenta la metodología presentada en la norma peruana NTE-E.030.

Datos del elemento

- Ancho: 0.6 m
- Altura: 0.7 m
- Fondo: 0.365m
- Espesor: 0.0015 m
- Peso del elemento + Contenido: 72 Kg
- Gravedad: 9.81 m/s²

Aceleración de piso

Ahora, para el cálculo de este parámetro, se contempla las siguientes ecuaciones de acuerdo a la norma NSR-10:

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

Además, se cuenta con los siguientes valores:

$$h_x = 2 \text{ m}$$

$$h_n = 3 \text{ m}$$

$$h_{eq} = 0.75 * h_n = 0.75 * 3\text{m} = 2.25 \text{ m}$$

Por tanto,

$$h_x = 2\text{m} \leq h_{eq} = 2.25 \text{ m}$$

Entonces, la aceleración de piso se calcula de la siguiente manera

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}}$$

$$a_x = 0.488 + \frac{(1.2188 - 0.488) * 2\text{m}}{2.25\text{m}} = 1.1375$$

Cálculo de la fuerza de diseño

En este ítem se determina la fuerza de diseño con respecto a lo especificado en la normativa peruana, por lo cual, este cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{a_i}{g} * C_1 * P_e$$

Donde:

Para el valor de la aceleración, debido a que la aceleración colombiana no presenta unidades, es decir, que es adimensional, ésta se debe de afectar por la gravedad, para así poderla usar en la ecuación de la fuerza de diseño peruana.

$$a_i = 1.1375 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$C_1 = 3 \text{ (Según Tabla N°12 Valores de } C_1 \text{ de la NTE – E.03)}$$

$$P_e = 72 \text{ Kg}$$

Por tanto,

$$F = \frac{1.1375 * 9.81 \frac{m}{s^2}}{9.81 \frac{m}{s^2}} * 3 * 72 \text{ kg} = 245.7 \text{ Kgf}$$

Ahora, se debe de revisar que el valor de F cumpla con lo siguiente:

$$F \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$$

Donde:

Se toma una zona 4, la cual corresponde a una zona de alta sismicidad, por lo cual, el valor de Z según la tabla N°1 Factores de zona "Z" de la NTE-E.03 es:

$$Z = 0.45$$

El factor de U se toma según Tabla N°5 Categoría de las edificaciones y factor "U" de la NTE-E.03, por tanto, el valor de U es:

$$U = 1.5$$

El factor S se toma según Tabla N°5 Factor de suelo "S" de la NTE-E.03, por tanto, el valor de S es:

$$S = 1.05$$

Entonces,

$$0.5 * Z * U * S * P_e = 0.5 * 0.45 * 1.5 * 1.05 * 72 \text{ Kg} = 25.515 \text{ Kgf}$$

Por tanto,

$$F = 245.7 \text{ Kgf} > 0.5 * Z * U * S * P_e = 25.515 \text{ Kgf} \rightarrow \text{Cumple}$$

Luego, se procede a pasar el valor de $F=245.7 \text{ Kg-f}$ a KN de la siguiente manera

$$F = \frac{245.7 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1000} = 2.41 \text{ KN}$$

Chequeo del anclaje con tornillos

- Número de tornillos: 4
- Tipo de tornillos: “golosos”
- Diámetro: 5mm

Se calcula el área del tornillo

$$A_b = \frac{\pi * (5\text{mm})^2}{4} = 19.63\text{mm}^2$$

Luego, se toma el valor de resistencia a la tracción mínima tracción (F_{nt}) de la Tabla 9.

Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS). Por lo tanto, se tiene que:

$$F_{nt} = 420 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular los valores de resistencia de diseño en tracción de la siguiente manera:

$$\phi * R_n = \phi * F_n * A_b$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia de diseño en tracción

$$\phi * Rnt = \phi * Fnt * A_b = 0.75 * 420MPa * 19.63mm^2 * \frac{1000KN}{1N} * 1 = 6.185KN$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

Para tracción

$$n = \frac{D}{C} = \frac{2.41KN}{6.185KN} = 0.1299 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Propuesta de anclaje

Considerando que, aunque los resultados para el elemento en estudio cumplen con lo requerido, se ve necesario plantear otro tipo de anclaje de refuerzo. Esto con el fin de aportar mayor estabilidad al elemento.

Por lo cual, se propone usar 4 pernos del tipo A325, con un diámetro de 5/8 in, los cuales se encontrarán anclados al espaldar del gabinete, con el fin de proporcionar mayor seguridad.

(Esquema en el Anexo B.)

Por tanto, para la revisión del anclaje, se debe de tener en cuenta el valor de la fuerza de diseño calculada con la norma peruana. Asimismo, se debe de revisar la resistencia a tensión, a cortante, y el chequeo de separación mínima al borde, según la normativa NSR-10.

A continuación, se contemplan los siguientes datos:

- Número de pernos: 4
- Diámetro del perno (d): 5/8 in
- Tipo de perno: A325

Se calcula el área del perno

$$A_b = \frac{\pi * \left(\frac{5}{8} \text{ in}\right)^2}{4} = 0.307 \text{ in}^2$$

Luego, se realiza el cálculo correspondiente a la resistencia a tensión y cortante para el perno. Por tanto, se toman los siguientes valores de resistencia nominal a cortante (F_{nv}) y a tensión (F_{nt}) para un tipo de perno A325, según la normativa NSR-10, en la tabla F.2.10.3-2.

$$F_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$F_{nv} = 370 \text{ MPa}$$

Más tarde, se procede a calcular los valores de resistencia a tensión y a cortante de la siguiente manera:

$$\phi * R_n = \phi * F_n * A_b$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia a tensión para los cuatro pernos.

$$\phi * R_n = \phi * F_{nt} * A_b * \# \text{ de agujeros}$$

$$\phi * R_n = 0.75 * 620 \text{ MPa} * 0.307 \text{ in}^2 * \frac{(25.4 \text{ mm})^2}{1 \text{ in}^2} * \frac{1000 \text{ KN}}{1 \text{ N}} * 4 = 368.15 \text{ KN}$$

Resistencia a cortante para los cuatro pernos.

$$\phi * R_n = \phi * F_{nv} * A_b * \# \text{ de agujeros}$$

$$\phi * R_n = 0.75 * 372 \text{ MPa} * 0.307 \text{ in}^2 * \frac{(25.4 \text{ mm})^2}{1 \text{ in}^2} * \frac{1000 \text{ KN}}{1 \text{ N}} * 4 = 220.89 \text{ KN}$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

- Para tracción de los 4 pernos

$$n = \frac{D}{C} = \frac{2.41KN}{368.15KN} = 0.00655 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Para corte de los 4 pernos

$$n = \frac{D}{C} = \frac{2.41}{219.71KN} = 0.01091 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Chequeo geométrico

Se procede a realizar el chequeo de la separación mínima entre agujeros o pernos, y la separación mínima al borde, de la siguiente manera:

Separación mínima entre pernos (F.2.10.3.3-Espaciamiento mínimo según la normativa NSR-10)

$$S_{mincentro} = 3 * d$$

$$S_{mincentro} = 3 * \frac{5}{8} in = 1.875 in$$

$$S_{centro} = \left(38.4125 cm * \frac{1in}{2.54cm} \right) = 15.1in$$

$$S_{centro} = 29.63in > S_{mincentro} = 1.5in \rightarrow \text{Cumple}$$

Distancia mínima al borde, sección F.2.10.3.4 según la norma NSR-10

$$S_{\text{minborde}} = 22.2 \text{ mm} \rightarrow \text{Según Tabla F. 2.10.3 - 4 de la NSR - 10}$$

$$S_{\text{borde}} = 100 \text{ mm}$$

$$S_{\text{borde}} = 100 \text{ mm} > S_{\text{minborde}} = 22.2 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

6.2.4. Estantería

Para el diseño de este elemento se tendrá como base la normativa americana ASCE 7-22, asimismo, considerando los criterios o factores correspondientes para los cálculos.

Datos del elemento

- Ancho: 1.5 m
- Altura: 2 m
- Fondo: 0.4 m
- Peso del elemento + Contenido (W_p): 48 Kg
- Gravedad (g): 9.81 m/s^2

Datos generales de la edificación

- Ocupación: Hospital
- Categoría de riesgo: IV
- Factor de importancia de la edificación I_e : 1.5 (Según Tabla 1.5-2 de la ASCE 7-22)
- $S_{DS} = S_a$: 1.2188

- Número de pisos (N): 3

Cálculo de la fuerza de diseño

Para proceder a realizar el cálculo correspondiente a la fuerza de diseño, se deben de considerar los siguientes factores:

- Factor de importancia del componente: 1.5 (Según sección 13.1.3 de la ASCE 7-22)
- C_{AR} : 1 (Según Tabla 13.5-1 de la ASCE 7-22)
- R_{po} : 1.5 (Según Tabla 13.5-1 de la ASCE 7-22)
- $T_a = 0.1 * N = 0.1 * 3 = 0.3$ (Este valor se halla de acuerdo a la sección 12.8.2.1 de la ASCE 7-22).
- H_f : 2.4
 - o z : 5m
 - o h : 9m

$$H_f = 1 + a_1 * \left(\frac{z}{h}\right) + a_2 * \left(\frac{z}{h}\right)^{10}$$

$$a_1 = \frac{1}{T_a} = \frac{1}{0.3} = 3.33 \leq 2.5 \rightarrow \text{No cumple}$$

$$a_2 = \left[1 - \left(\frac{0.4}{T_a}\right)^2\right] = \left[1 - \left(\frac{0.4}{0.3}\right)^2\right] = -0.78 \geq 0 \rightarrow \text{No cumple}$$

Por lo tanto, se usa la siguiente ecuación

$$H_f = 1 + 2.5 * \left(\frac{z}{h}\right)$$

$$H_f = 1 + 2.5 * \left(\frac{5m}{9m}\right) = 2.4$$

- R_μ : 1.40

o R: 8 (Según Tabla 12.2-1 de la ASCE 7-22)

o Ω_0 : 3 (Según Tabla 12.2-1 de la ASCE 7-22)

$$R_\mu = \left[\frac{1.1 * R}{(I_e * \Omega_0)} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{1.1 * 8}{(1.5 * 3)} \right]^{\frac{1}{2}} = 1.4 \geq 1.3 \rightarrow \text{Cumple}$$

- F_p : 0.3921 KN

$$F_p = 0.4 * S_{DS} * I_p * W_p * \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] * \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right]$$

$$F_p = 0.4 * 1.2188 * 1.5 * 48Kg * \left[\frac{2.4}{1.4} \right] * \left[\frac{1}{1.5} \right] = 39.97 Kg$$

Luego, se procede a revisar que:

$$0.3 * S_{DS} * I_p * W_p < F_p < 1.6 * S_{DS} * I_p * W_p$$

$$0.3 * S_{DS} * I_p * W_p = 0.3 * 1.2188 * 1.5 * 48Kg = 26.33 Kg$$

$$1.6 * S_{DS} * I_p * W_p = 1.6 * 1.2188 * 1.5 * 48kg = 140.40 Kg$$

Entonces,

$$0.3 * S_{DS} * I_p * W_p = 26.33Kg < F_p = 39.97Kg < 1.6 * S_{DS} * I_p * W_p = 140.40 Kg$$

Por lo tanto, el valor de F_p cumple.

Posteriormente, para obtener la F_p en KN, se realiza el siguiente procedimiento:

$$F_p = 39.97Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * \frac{1KN}{1000N} = 0.3921 KN$$

Verificación de volteo

$$M_{desestabilizantes} = F_p * \frac{\text{Altura del elemento}}{2} = 0.3921KN * \frac{2m}{2} = 0.3921KN * m$$

$$M_{estabilizantes} = W_p * g * \frac{\text{Fondo del elemento}}{2}$$

$$M_{estabilizantes} = 48Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * \frac{1KN}{1000N} * \frac{0.4m}{2} = 0.0942KN * m$$

Por lo tanto,

$$M_{desestabilizantes} > M_{estabilizantes} \rightarrow \text{Presenta volteo, es decir, hay que anclar}$$

Verificación de deslizamiento

- μ de la baldosa: 0.6 (Valor obtenido según RINCÓN, J., & ALMENDRO, M. R. Y. M., 2005)

- N:

$$N = W_p * g = 48Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 470.88 N$$

- Fricción:

$$F_{fricción} = \mu * N = 0.6 * 470.88N * \frac{1KN}{1000N} = 0.2825KN$$

Por lo tanto,

$$F_p = 0.3921KN > F_{fricción} = 0.2825KN \rightarrow \text{Presenta deslizamiento, es decir, hay que anclar}$$

Propuesta de anclaje

En base a los resultados de la verificación tanto por deslizamiento como por volteo, se plantea el anclar la estantería a la pared, con la finalidad de brindar más estabilidad al elemento en estudio y seguridad tanto al personal como a los pacientes del hospital.

Por ende, se plantea usar 4 tornillos tipo “golosos”, con un diámetro de 6 mm, los cuales anclaran la estantería a la pared, y a su vez se hará uso de una escuadra de refuerzo o esquinera para poder realizar la fijación. (Esquema en el Anexo B.)

Por tanto, para la revisión del anclaje, se va a considerar el valor de la fuerza de diseño calculada con la norma americana. Asimismo, se debe de revisar la resistencia a tensión del tornillo, y el chequeo de anclaje al concreto.

Chequeo del anclaje con tornillos

Para este chequeo, se tomará un solo tornillo que esté anclado al concreto, ya que los demás van a tener un mismo comportamiento.

- Número de tornillos anclados a la pared: 1
- Tipo de tornillo: “goloso”
- Diámetro: 6 mm

Se calcula el área del tornillo

$$A_b = \frac{\pi * \left(6mm * \frac{1in}{25.4mm}\right)^2}{4} = 0.044in^2$$

Luego, se toma el valor de resistencia a la tracción mínima (Fnt) según la Tabla 9. Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS). Por lo tanto, se tiene que:

$$Fnt = 420 MPa$$

Se procede a calcular los valores de resistencia de diseño en tracción de la siguiente manera:

$$\phi * Rn = \phi * Fn * A_b$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia de diseño en tracción

$$\phi * Rnt = 0.75 * 420MPa * 0.044in^2 * \frac{(25.4mm)^2}{1in} * \frac{1000KN}{1N} * 1 = 8.91KN$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

- Para tracción de un solo tornillo.

$$n = \frac{D}{C} = \frac{0.3921KN}{\frac{4}{8.91KN}} = 0.01101 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Chequeo de anclaje al concreto

Para realizar este chequeo, la norma americana en la sección 13.4.2.1 Anclajes en concreto, indica que las verificaciones o cálculos deben de realizarse de acuerdo al Capítulo 17 de la ACI-318.

- Resistencia del acero del anclaje en tracción, $\phi * N_{sa}$.

Este cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$N_{sa} = n * A_{se} * f_{uta}$$

Donde:

n : número de pernos o tornillos.

A_{se} : Área del perno o tornillo en mm^2

f_{uta} : resistencia especificada a la tracción del acero del anclaje en MPa.

Además, se debe de considerar el factor de reducción de resistencia $\phi=0.75$, según la sección 17.3.3 de la ACI-318.

$$\phi * N_{sa} = \phi * n * A_{se} * f_{uta}$$

$$A_{se} = \frac{\pi * (6mm)^2}{4} = 28.274mm^2$$

$$\phi * N_{sa} = 0.75 * 1 * 28.274mm^2 * 420MPa * \frac{1KN}{1000N} = 8.91KN$$

Luego se debe de revisar que el valor de $\phi * N_{sa}$ sea mayor a la F_p de diseño que le llega a un solo tornillo:

$$\phi * N_{sa} = 8.91KN > Tu = \frac{F_p}{4} = \frac{0.3921KN}{4} = 0.098KN \rightarrow \text{Cumple}$$

- Resistencia nominal de arrancamiento del concreto en tracción.

Este cálculo se realiza con la siguiente ecuación

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$$

Además, se debe de considerar el factor de reducción de resistencia $\phi=0.75$, según la sección 17.3.3 de la ACI-318.

$$\phi * N_{cb} = \phi * \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$$

Donde:

$\psi_{ed,N}$; $\psi_{c,N}$; $\psi_{cp,N}$: Son factores de modificación.

A_{Nc} : Área de falla proyectada del concreto en un anclaje solo o en un grupo de anclajes, utilizada para calcular la resistencia a tracción en mm^2 .

A_{Nco} : Área de falla proyectada del concreto en un anclaje solo, utilizada para calcular la resistencia a tracción cuando no se encuentra limitada por la distancia al borde o el espaciamiento en mm^2 .

$$A_{Nco} = 9 * h_{ef}^2$$

h_{ef} : profundidad embebida efectiva del anclaje en mm.

N_b : Resistencia básica al arrancamiento del concreto en tracción de un solo anclaje en concreto fisurado en KN.

$$N_b = K_C * \lambda_a * \sqrt{f'_c} * h_{ef}^{1.5}$$

K_C : $k_c = 10$ para anclajes preinstalados y $k_c = 7$ para anclajes postinstalados.

λ_a : Factor de modificación

f'_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto en MPa.

Por lo tanto, para determinar N_{cb} se tiene que:

$$A_{Nco} = 9 * h_{ef}^2$$

$$h_{ef} = 30mm$$

$$A_{Nco} = 9 * (30mm)^2 = 8100mm^2$$

Luego, para determinar el valor de A_{Nc} , se puede asumir que es igual a A_{Nco} cuando

$$C_{a1} > 1.5 * h_{ef}$$

C_{a1} : Distancia medida desde el centro del fuste de un anclaje hasta el borde del concreto en una dirección en mm.

Para este caso en estudio el valor de $C_{a1} = 1.5m$

$$C_{a1} = 1500mm > 1.5 * h_{ef} = 1.5 * 30mm = 45mm$$

Por tanto,

$$A_{Nco} = A_{Nc} = 8100 \text{ mm}^2$$

Después, se tiene

$$N_b = K_C * \lambda_a * \sqrt{f'_c} * h_{ef}^{1.5}$$

$$N_b = 7 * 1 * \sqrt{21 \text{ MPa}} * (30 \text{ mm})^2 * \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}} = 5.27 \text{ KN}$$

Más tarde, se calcula el valor de Ncb

$$\phi * N_{cb} = \phi * \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$$

$$\phi * N_{cb} = 0.75 * \frac{8100 \text{ mm}^2}{8100 \text{ mm}^2} * 1 * 1 * 1 * 5.27 \text{ KN} = 3.95 \text{ KN}$$

Luego se debe de revisar que este valor sea mayor a la Fp de diseño que le llega a un solo tornillo:

$$\phi * N_{cb} = 3.95 \text{ KN} > Tu = \frac{F_p}{4} = \frac{0.3921 \text{ KN}}{4} = 0.098 \text{ KN} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un anclaje.

$$N_{pn} = \psi_{c,P} * N_P$$

Donde:

$\psi_{c,P}$: Factor de modificación.

N_p : Resistencia a la extracción por deslizamiento por tracción de un solo anclaje en concreto fisurado en KN.

$$N_p = 8 * A_{brg} * f'_c$$

A_{brg} : Área neta de apoyo de la cabeza de un perno o tornillo de anclaje, o barra corrugada con cabeza mm².

Además, se debe de considerar el factor de reducción de resistencia $\phi=0.75$, según la sección 17.3.3 de la ACI-318.

$$\phi * N_{pn} = \phi * \psi_{c,p} * N_p$$

Entonces,

$$N_p = 8 * \frac{\pi * (8mm)^2}{4} * 21MPa * \frac{1KN}{1000N} = 8.44KN$$

Luego, se tiene que;

$$\phi * N_{pn} = 0.75 * 1 * 8.44KN = 6.33KN$$

Luego se debe de revisar que este valor sea mayor a la F_p de diseño que le llega a un solo tornillo:

$$\phi * N_{cb} = 6.33KN > Tu = \frac{F_p}{4} = \frac{0.3921KN}{4} = 0.098KN \rightarrow \text{Cumple}$$

6.2.5. Mesa

Para el diseño de este elemento se considerará la metodología que se contempla en la norma colombiana NSR-10.

Datos del elemento

- Ancho: 1.2 m
- Altura: 0.9 m
- Fondo: 0.7 m
- Peso del elemento + Contenido (Mp): 142 Kg
- Gravedad (g): 9.81 m/s^2

Consideraciones de diseño

- Grado de desempeño

Para este ítem se tiene en cuenta que debe de cumplirse como mínimo el grado de desempeño que se presenta en la Tabla A.9.2-1 de la NSR-10.

Tabla 10. Grado de desempeño mínimo requerido (Capítulo A.9, NSR-10)

**Tabla A.9.2-1
Grado de desempeño mínimo requerido**

Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

Además, se debe de tener en cuenta que este parámetro se determina considerando el grupo de uso de la estructura, por tanto, se contempla que el grupo de uso es IV, debido a que el elemento en estudio se encuentra en un hospital.

Por lo cual,

$$\text{Grado de desempeño} = \text{Superior}$$

Coefficiente de importancia (Según la tabla A.2.5-1 de la NSR-10)

$$\text{Coeficiente de importancia (I)} = 1.5$$

Aceleración de piso

Ahora, para el cálculo de este parámetro, se contempla las siguientes ecuaciones:

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

Además, se cuenta con los siguientes valores:

$$h_x = 1.2 \text{ m}$$

$$h_n = 3 \text{ m}$$

$$h_{eq} = 0.75 * h_n = 0.75 * 3\text{m} = 2.25 \text{ m}$$

Por tanto,

$$h_x = 1.2 \text{ m} \leq h_{eq} = 2.25 \text{ m}$$

Entonces, la aceleración de piso se calcula de la siguiente manera

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}}$$

$$a_x = 0.488 + \frac{(1.2188 - 0.488) * 1.2m}{2.25m} = 0.8775$$

Cálculo de la fuerza de diseño

Para el cálculo de la fuerza se contempla la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p$$

Donde:

- a_x : 0.8775
- a_p : 2.5 (Según la Tabla A.9.5-1 de la NSR-10)
- R_p : 1.5 (Según la sección A.9.4.9 de la NSR-10. Además, se considera que el elemento en diseño está perteneciendo al tipo no dúctil)
- g : 9.81 m/s²
- M_p : 142 Kg

$$F_p = \frac{0.8775 * 2.5}{1.5} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 142Kg * \frac{1KN}{1000N} = 2.0373 KN$$

Además, se debe de cumplir con el siguiente requerimiento:

$$F_p \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$$

- A_a : 0.25 (Según el Apéndice A-4 valores de A_a , A_v , A_e y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. Ciudad: Popayán)

$$F_p = 2.0373KN \geq \frac{0.25 * 1.5}{2} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 142 Kg * \frac{1KN}{1000N} = 0.2612KN$$

$$2.0373KN \geq 0.2612KN \rightarrow \text{Cumple}$$

Propuesta de anclaje

En vista de que la mesa en estudio no cuenta con un sistema de fijación para mantener a salvo los equipos que permiten el funcionamiento y manejo de información del laboratorio clínico. Se propone hacer uso de dos abrazaderas para anclar las dos patas de la mesa contra la pared.

Por lo cual, se hará uso de las dos abrazaderas anteriormente mencionadas y 4 tornillos tipo “golosos” con un diámetro de 6 mm (Esquema en el Anexo B.). Además, para la revisión del anclaje, se va a considerar el valor de la fuerza de diseño calculada con la normativa colombiana. Asimismo, se debe de revisar la resistencia a tensión del tornillo, y el chequeo de anclaje al concreto.

Chequeo del anclaje con tornillos

Para este chequeo, se tomará una abrazadera la cual estará anclada al concreto, por medio de dos tornillos. Además, se hace este chequeo a una abrazadera ya que la otra va a presentar un mismo comportamiento.

- Número de tornillos anclados a la pared: 2
- Tipo de tornillo: “goloso”

- Diámetro: 6 mm

Se calcula el área del tornillo

$$A_b = \frac{\pi * \left(6mm * \frac{1in}{25.4mm}\right)^2}{4} = 0.044in^2$$

Luego, se toma el valor de resistencia a la tracción mínima (F_{nt}) según la Tabla 9. Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS). Por lo tanto, se tiene que:

$$F_{nt} = 420 MPa$$

Se procede a calcular los valores de resistencia de diseño en tracción de la siguiente manera:

$$\phi * R_n = \phi * F_n * A_b$$

$$\phi = 0.75$$

Resistencia de diseño en tracción

$$\phi * R_{nt} = 0.75 * 420MPa * 0.044in^2 * \frac{(25.4mm)^2}{1in} * \frac{1000KN}{1N} * 2 = 17.81KN$$

Posteriormente, se revisa Demanda/Capacidad < 1

- Para tracción de los dos tornillos.

La demanda a considerar será $3.0 * F_p$, según la sección A.9.4.10 de la NSR-10.

$$3.0 * F_p = 3.0 * 2.0373 \text{ KN} = 6.112 \text{ KN}$$

$$n = \frac{D}{C} = \frac{\frac{6.112 \text{ KN}}{2}}{17.81 \text{ KN}} = 0.1716 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Chequeo de anclaje al concreto

Finalmente, para este chequeo se puede seguir el mismo procedimiento realizado anteriormente para la estantería, ya que la norma NSR-10 en el Título C- Apéndice D, cuenta con la misma metodología presentada en el Capítulo 17 de la ACI-318.

6.2.6. Muro divisorio

Para el diseño de este elemento se tendrá en cuenta la metodología manejada por la norma colombiana NSR-10.

Datos del elemento

- Ancho: 2.4 m
- Altura: 2.4 m
- Fondo: 0.12 m
- Ancho de la placa de yeso: 0.6 m
- Espesor de la placa de yeso: 0.015 m
- Cantidad de placas: 8

- Peso del elemento (M_p): 138.24 Kg

Considerando que el material de muro no estructural es yeso, el peso del elemento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$M_p = \text{Densidad} * \text{Espesor placa} * \text{Ancho placa} * \text{Altura placa} * \text{Cantidad de placas}$$

$$M_p = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.015\text{m} * 0.6\text{m} * 2.4\text{m} * 8 = 138.24\text{Kg}$$

- Gravedad (g): 9.81 m/s²

Consideraciones de diseño

- Grado de desempeño

Para este ítem se tiene en cuenta que debe de cumplirse como mínimo el grado de desempeño que se presenta en la Tabla A.9.2-1 de la NSR-10. Además, el grupo de uso es IV, debido a que el elemento en estudio se encuentra en un hospital. Por lo cual el valor de grado de desempeño es el siguiente:

$$\text{Grado de desempeño} = \text{Superior}$$

- Coeficiente de importancia (Según la tabla A.2.5-1 de la NSR-10).

$$\text{Coeficiente de importancia (I)} = 1.5$$

Aceleración de piso

Ahora, para el cálculo de este parámetro, se contempla las siguientes ecuaciones:

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

Además, se cuenta con los siguientes valores:

$$h_x = 2.4 \text{ m}$$

$$h_n = 3 \text{ m}$$

$$h_{eq} = 0.75 * h_n = 0.75 * 3\text{m} = 2.25 \text{ m}$$

Por tanto,

$$h_x = 2.4 \text{ m} \geq h_{eq} = 2.25 \text{ m}$$

Entonces, la aceleración de piso se calcula de la siguiente manera

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}}$$

$$a_x = 1.2188 * \frac{2.4\text{m}}{2.25\text{m}} = 1.3$$

Cálculo de la fuerza de diseño

Para el cálculo de la fuerza se contempla la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p$$

Donde:

- a_x : 1.3
- a_p : 2.5 (Según la Tabla A.9.5-1 de la NSR-10)
- R_p : 1.5 (Según la sección A.9.4.9 de la NSR-10. Además, se considera que el elemento en diseño está perteneciendo al tipo no dúctil)
- g : 9.81 m/s²
- M_p : 138.24 Kg

$$F_p = \frac{1.3 * 2.5}{1.5} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 138.24 \text{ Kg} * \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}} = 2.94 \text{ KN}$$

Además, se debe de cumplir con el siguiente requerimiento:

$$F_p \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$$

- A_a : 0.25 (Según el Apéndice A-4 valores de A_a , A_v , A_e y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. Ciudad: Popayán)

$$F_p = 2.94 \text{ KN} \geq \frac{0.25 * 1.5}{2} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 138.24 \text{ Kg} * \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}} = 0.254 \text{ KN}$$

$$2.94 \text{ KN} \geq 0.254 \text{ KN} \rightarrow \text{Cumple}$$

Requerimientos para la placa de yeso

- Fuerza de diseño para cada sección de placas

$$F_{diseño \text{ para cada sección de placas}} = \frac{F_p}{2} = \frac{2.94KN}{2} = 1.47KN$$

- Número de placas en una sección del muro

$$\text{Número de placas en una sección del muro} = \frac{\text{Cantidad placas}}{2} = \frac{8}{2} = 4$$

- Fuerza de diseño para una placa

$$F_{diseño \text{ para una placa}} = \frac{F_{diseño \text{ para cada sección de placas}}}{\text{Número de placas en una sección del muro}}$$

$$F_{diseño \text{ para una placa}} = \frac{1.47KN}{4} = 0.367 KN$$

- Resistencia a la rotura de una placa de yeso

El valor para la resistencia se determina según la tabla tomada del Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso (Ibérica, G.,2017).

Tabla 11. Tabla para determinar la resistencia a la rotura en Newtons, tomada del Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso (Ibérica, G.,2017).

Tipo de placa		Placa A					Placas H, F y D	
Espesor (mm)		6	9,5	12,5	15	18	12,5	15
Rotura a flexión (N)	Longitudinal	258	400	550	650	774	550	650
	Transversal	101	160	210	250	303	210	250

Por lo tanto, se tiene una resistencia de:

$$\text{Resistencia a la rotura} = 650N * \frac{1KN}{1000N} = 0.650 KN$$

- Chequeo

Se procede a revisar que:

$$\text{Resistencia a la rotura} > F_{\text{diseño para una placa}}$$

Entonces,

$$0.650KN > 0.367KN \rightarrow \text{Cumple}$$

7. RECOMENDACIONES

- La normativa colombiana NSR-10, cuenta con un capítulo destinado a los elementos no estructurales. Sin embargo, durante la realización del presente trabajo, se pudo evidenciar que, la normativa colombiana no expone una metodología muy completa, debido a que, en algunos parámetros a considerar, se debe de remitir a otros títulos de la normativa o no se encuentran valores necesarios para llevar a cabo el cálculo de un elemento en específico, como lo fue para la estimación de la fuerza de diseño de la mesa. En la Tabla A.9.5-1 de la NSR-10 no hay un valor definido para el coeficiente a_p de este elemento, por lo cual, se recomienda adoptar algunos de los parámetros con los que cuentan las otras normativas en estudio, ya que serían un aporte eficiente para el cálculo de los elementos no estructurales, debido a que se podría ampliar la información con respecto a los distintos componentes que existen.
- Se pudo evidenciar que, dentro del capítulo de la normativa colombiana, se puede contemplar una verificación de volteo y deslizamiento, para así tener claridad de si el elemento en estudio se debe de anclar. Esto con el objetivo de brindar mayor estabilidad al elemento, y asimismo ofrecer seguridad a las personas.
- Con el fin de mejorar la respuesta sísmica de los elementos no estructurales y ofrecer mayor seguridad tanto a los pacientes como al personal del hospital, se recomienda ampliar la cantidad de elementos que se tienen en cuenta en el Capítulo A.9, ya que hay una gran variedad de estos que no se encuentran en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1, las cuales contienen los coeficientes para realizar los cálculos respectivos para la determinación de la fuerza de diseño.

- Es recomendable que en el Capítulo A.9., se especifique el cálculo del chequeo del anclaje en concreto de las conexiones, de la misma manera que lo hace la normativa americana (ASCE/SEI 7-22), ya que en este capítulo no se especifica a que norma, sección o apéndice hay que referirse, para así llevar a cabo esta verificación y cumplir con los requerimientos.
- Es importante contemplar la consolidación de la información o los requerimientos correspondientes en el capítulo para elementos no estructurales de la NSR-10. Con el fin de mejorar la metodología que se presenta en el Capítulo A.9. y así llevar a cabo los cálculos y chequeos necesarios de forma eficiente.
- Durante el desarrollo de los cálculos correspondientes a los distintos elementos no estructurales adoptados, se presentaron propuestas de anclajes, las cuales pueden ser adoptadas para mejorar la calidad de la seguridad del hospital, y a su vez éstas permiten mejorar la respuesta sísmica de los elementos no estructurales evaluados en el presente trabajo. Además, estas propuestas sirven de referencia y pueden ser asumidas para otros elementos.
- Durante el cálculo del muro de particiones livianas, se pudo evidenciar la falta de información que hay sobre estos tipos de muros en la normativa NSR-10. Por lo cual, es factible realizar estudios e investigaciones acerca de este tipo de muros, con el propósito de ampliar la información acerca de ellos y poder determinar en concreto cuáles son los requerimientos, para así realizar los cálculos y chequeos correspondientes.

- En el transcurso del desarrollo de la memoria de cálculo, se puede observar que algunos de los elementos cuentan con un anclaje a base de tornillos tipo “golosos”. Por lo cual, para realizar la verificación o el chequeo de la resistencia del tornillo, no se contó con suficiente información sobre la resistencia nominal tanto a tensión como a cortante. Por ende, es recomendable que para cualquier tipo de tornillo convencional se tengan en consideración ensayos o estudios específicos, para determinar su resistencia y poder hacer los chequeos oportunos. Esto en caso de que el proveedor o fabricante no aporte información acerca de estos valores.

8. CONCLUSIONES

- Se realizó la comparación de las normas NSR-10, ASCE/SEI 7-22 y NTE-E0.30, en donde se pudo visualizar la falta de algunos requerimientos en la metodología de diseño colombiana. Por lo cual, sería eficiente que la norma NSR-10 tome en consideración algunos de los parámetros o requerimientos que adoptan las otras normativas estudiadas, como lo son el ampliar la variedad de elementos no estructurales, considerar el chequeo de deslizamiento y volteo, un parámetro de importancia para el componente, tener una fórmula alternativa en caso de no contar con alguna información, los desplazamientos sísmicos relativos, entre otros; para que de esta manera se pueda ampliar la información y mejorar la eficiencia con la que se realiza la verificación de los elementos no estructurales.
- Durante la comparativa de las normativas adoptadas, se evidenció que la norma que cuenta con más información, requerimientos y parámetros acerca de los componentes no estructurales, es la norma ASCE/SEI 7-22.
- Se realizó una memoria de cálculo de los elementos no estructurales en estudio, con el fin de determinar su fuerza de diseño, revisar y chequear los requerimientos que se deban cumplir, y proponer fijaciones para mejorar la respuesta sísmica de los elementos.
- Para cada uno de los elementos no estructurales adoptados, se propuso un tipo de anclaje, con el fin de mejorar la estabilidad del elemento y ofrecer mayor seguridad tanto a pacientes como al personal trabajador del hospital.

- Se identificó que algunos elementos no estructurales en estudio no cuentan con anclajes que restrinjan su movimiento. Por lo cual, a estos elementos, se les propuso un tipo de fijación, con el fin de brindar mayor estabilidad y mejorar su respuesta sísmica, a fin de proteger la vida de las personas y mantener a salvo los equipos que mantienen en funcionamiento el hospital.
- Se observó que en Colombia no se han realizado estudios a profundidad sobre elementos no estructurales, en comparación a otros países, ya que estos cuentan con investigaciones más rigurosas en cuanto a la metodología de diseño a seguir y los requerimientos que deben cumplir.

9. BIBLIOGRAFÍA

Colombia. Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)*. Bogotá.

Engineers, A. S. (2022). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures*. Reston, Virginia.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2016). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima.

Barbosa, R. E., Álvarez, J. J., & Carrillo, J. (2018). *Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(33), 99-119.

Juárez García, H., Ventura, C. E., Gómez Bernal, A., & Pelcastre Pérez, E. (2014). *Comportamiento de componentes no estructurales ante diferentes escenarios sísmicos*. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 5(2), 12-25.

Jaramillo Narvárez, J. D. (2020). *Estudio comparativo de normativas de diseño sismo-resistente de elementos no estructurales (Bachelor's thesis, Quito)*.

Cañón Martínez, L. F., & Beltrán Gamba, D. D. (2016). *Aplicación de la metodología de evaluación sísmica de elementos no estructurales Propuesta en el documento ASCE/SEI 31-03– Caso de estudio–*.

Romero Lesmes, R. J. *Evaluación del cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Sismo Resistente NSR-10 para el diseño de elementos no estructurales*.

Organización Panamericana de la Salud. Fijación de elementos no estructurales en establecimientos de salud en Peru. Lima: OPS; 2017.

Breschi, L. (2016). NORMALIZACIÓN HOSPITAL PROVINCIAL DE CURICÓ PROYECTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES MEMORIA DE CÁLCULO. Santiago de Chile.

Muñoz Tirado, M. N. (2021). Manual de Diseño de Anclajes al Concreto Según ACI318-19 (Doctoral dissertation, Maestría en Ingeniería Civil).

RINCÓN, J., & ALMENDRO, M. R. Y. M. (2005, September). Fricción y desgaste de baldosas cerámicas de gres de monococcion y de gres porcelanico. In IX CONGRESO NACIONAL DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SÓLIDOS (p. 352).

Ibérica, G. (2017). Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso. Recuperado el 1 de junio de 2023, de https://gyptec.eu/documentos/es/Gyptec_ManualTecnico_2edicion.pdf

Especificaciones de resistencia de pernos milimétricos. (s/f). Imporpernos.com. Recuperado el 1 de junio de 2023, de <https://www.imporpernos.com/blog/resistencia-de-pernos-milimetricos>

ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). (n.d.). https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf

ANEXOS

**ANEXO A. HOJA DE CÁLCULO PARA ELEMENTOS NO
ESTRUCTURALES SEGÚN LAS NORMATIVAS ADOPTADAS.**

- Hoja de cálculo para el cilindro de oxígeno.

Tabla 12. Cálculo fuerza de diseño para el cilindro oxígeno con la norma NTE-E0.30

1. Datos del elemento			
Ancho (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Peso del elemento + Contenido (Kg)
0.232	1.49	0.0058	58
2. Cálculo aceleración de piso NSR-10			
hx (m)	1	Sa	1.2188
hn (m)	3	As	0.488
heq (m)	2.25	ax	0.8125
3. Cálculo de la Fuerza de diseño			
C1	g (m/s ²)	ai (m/s ²)	F (Kg-f)
3	9.81	7.970625	141
Z	U	S	0.5*Z*U*S*Pe (Kg-f)
0.45	1.5	1.05	20.55
$F \geq 0.5*Z*U*S*Pe$		Cumple	
F (KN)			1.39
4. Anclaje con tornillos			
N° de tornillos	Diametro (mm)	Ab (mm ²)	ϕ
3	5	19.63	0.75
Fnt (MPa)	ϕ Rnt (KN)		
420	6.185		
5. Verificación del anclaje			
n=D/C (Tracción)	Por tracción		
0.07474	Cumple		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.

6. Propuesta de anclaje		
Resistencia a tensión (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)		
DATOS		Tabla CAMBIAR VLR Tu
Nº de agujeros	2	
d perno [pulg]	0.5	
Fnt [Mpa]	620	
Φ (Factor de reducción)	0.75	
Ab [pulg ²]	0.196	
ΦRn de 1 perno [kN]	58.90	
ΦRn de todos los pernos [kN]	117.81	
Tu [kN]	0.69	
n de 1 perno	0.00589	
n total de todos los pernos	0.00589	
n de 1 perno	Cumple	
n total de todos los pernos	Cumple	
Resistencia a cortante (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)		
DATOS		Tabla CAMBIAR VLR Tu
Nº de agujeros	2	
d perno [pulg]	0.5	
Fnv [Mpa]	372	
Φ (Factor de reducción)	0.75	
Ab [pulg ²]	0.196	
ΦRn de 1 perno [kN]	35.34	
ΦRn de todos los pernos [kN]	70.69	
Tu [kN]	0.69	
n de 1 perno	0.00981	
n total de todos los pernos	0.00981	
n de 1 perno	Cumple	
n total de todos los pernos	Cumple	

Descripción de los conectores	Resistencia Nominal a tensión F_{nt} (MPa)	Resistencia Nominal a Cortante en Conexiones Tipo Aplastamiento F_{nv} (MPa) ^(d)
Pernos A307	310 ^(b)	188 ^{(b)(c)}
Pernos Grupo A (tipo A325), con roscas incluidas en los planos de corte	620	372
Pernos Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	620	457
Pernos Grupo B (tipo A490), con roscas incluidas en los planos de corte	780	457
Pernos Grupo B (tipo A490), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	780	579
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, con roscas incluidas en los planos de corte	0.75 F_u	0.450 F_u
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	0.75 F_u	0.563 F_u

Descripción de los conectores	Resistencia Nominal a tensión F_{nt} (MPa)	Resistencia Nominal a Cortante en Conexiones Tipo Aplastamiento F_{nv} (MPa) ^(d)
Pernos A307	310 ^(b)	188 ^{(b)(c)}
Pernos Grupo A (tipo A325), con roscas incluidas en los planos de corte	620	372
Pernos Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	620	457
Pernos Grupo B (tipo A490), con roscas incluidas en los planos de corte	780	457
Pernos Grupo B (tipo A490), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	780	579
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, con roscas incluidas en los planos de corte	0.75 F_u	0.450 F_u
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	0.75 F_u	0.563 F_u

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.

Resistencia al aplastamiento (Sección F.2.10.3.10 de la NSR-10)		
DATOS		
Fu [Mpa]	400	
N° de agujeros en un elemento	2	
N° de elementos	1	
Lc1 [in]	0.906	
Lc2 [in]	16.063	
Lc [in]	0.906	
d= Diámetro del perno [in]	0.5	
t [in]	0.25	Espesor del material conectado
Φ (Factor de reducción)	0.75	Φ=0.75
Rna [kN]	70.10	Rna=1.2*Lc*t*Fu → previene el desgarre por aplastamiento
Rnb [kN]	77.42	Rnb=2.4*d*t*Fu → previene el aplastamiento en la zona circundante al perno
Rn a utilizar	70.10	Rn=1.2*Lc*t*Fu ≤ 2.4*d*t*Fu → Se escoge el menor
ΦRn de 1 agujero de 1 elemento [kN]	52.58	
ΦRn total de todos los agujeros de 1 elemento [kN]	105.16	
ΦRn total de todos los agujeros de todos los elementos [kN]	105.16	
Tu [KN]	0.69	CAMBIAR VLR TU
n de 1 agujero de 1 elemento	0.00659	Cumple
n total de todos los agujeros de 1 elemento	0.00659	Cumple
n total de todos los agujeros de todos los elementos	0.00659	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Propuesta de anclaje y chequeos para el cilindro de oxígeno.

Chequeo geométrico																			
Separación mínima borde (Sección F.2.10.3.4 de la NSR-10)																			
<table border="1"> <tr> <td>S_{mín}borde (mm)</td> <td>19.1</td> </tr> <tr> <td>S_{borde} (mm)</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Chequeo:</td> <td>Cumple</td> </tr> </table>	S_{mín}borde (mm)	19.1	S_{borde} (mm)	23	Chequeo:	Cumple	Tabla												
S_{mín}borde (mm)	19.1																		
S_{borde} (mm)	23																		
Chequeo:	Cumple																		
<p>S_{borde} > S_{mín}borde → Cumple S_{mín}borde → Previene que en las zonas cerca al borde haya desgarros y se desprenda</p>																			
<p>Tabla F.2.10.3-4 Distancia Mínima al Borde^(a), del centro de una perforación estándar ^(b) al borde de la parte conectada Pernos con diámetro en pulgadas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diámetro del Perno mm (pulgadas)</th> <th>Distancia mínima al borde mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 (1/2")</td> <td>19.1</td> </tr> <tr> <td>15.9 (5/8")</td> <td>22.2</td> </tr> <tr> <td>19.1 (3/4")</td> <td>25.4</td> </tr> <tr> <td>22.2 (7/8")</td> <td>28.6</td> </tr> <tr> <td>25.4 (1")</td> <td>31.8</td> </tr> <tr> <td>28.6 (1 1/8")</td> <td>38.1</td> </tr> <tr> <td>31.8 (1 1/4")</td> <td>41.3</td> </tr> <tr> <td>mayor que 31.8 (1 1/4")</td> <td>1.25 x d</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) Se permiten distancias al borde menores que las dadas en esta tabla si se satisfacen las provisiones aplicables de los numerales F.2.10.3.10 y F.2.10.4, sin embargo no se permiten distancias menores que (1) diámetro del perno sin aprobación del diseñador estructural. b) Para perforaciones agrandadas o de ranura, véase la tabla F.2.10.3-5.</p>		Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm	12.7 (1/2")	19.1	15.9 (5/8")	22.2	19.1 (3/4")	25.4	22.2 (7/8")	28.6	25.4 (1")	31.8	28.6 (1 1/8")	38.1	31.8 (1 1/4")	41.3	mayor que 31.8 (1 1/4")	1.25 x d
Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm																		
12.7 (1/2")	19.1																		
15.9 (5/8")	22.2																		
19.1 (3/4")	25.4																		
22.2 (7/8")	28.6																		
25.4 (1")	31.8																		
28.6 (1 1/8")	38.1																		
31.8 (1 1/4")	41.3																		
mayor que 31.8 (1 1/4")	1.25 x d																		

Fuente: Elaboración propia

- Hoja de cálculo para el gabinete

Tabla 16. Cálculo fuerza de diseño para el gabinete con la norma NTE-E0.30

1. Datos del elemento			
Ancho (m)	Altura (m)	Fondo (m)	Espesor (m)
0.6	0.7	0.365	0.0015
Peso del elemento + Contenido (Kg)			
72			
2. Cálculo aceleración de piso NSR-10			
hx (m)	2	Sa	1.21875
hn (m)	3	As	0.4875
heq (m)	2.25	ax	1.1375
3. Cálculo de la Fuerza de diseño			
C1	g (m/s ²)	ai (m/s ²)	F (Kg-f)
3	9.81	11.158875	245.7
Z	U	S	0.5*Z*U*S*Pe (Kg-f)
0.45	1.5	1.05	25.515
F ≥ 0.5*Z*U*S*Pe		Cumple	
F (KN)			2.41
4. Anclaje con pernos			
N° de pernos	Diametro (mm)	Ab (mm ²)	φ
4	5	19.63	0.75
Fnt (MPa)		φRnt (KN)	
420		6.185	
5. Verificación del anclaje			
D/C (Tracción)	Por tracción		
0.1299	Cumple		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Propuesta de anclaje y chequeos para el gabinete.

6. Propuesta de anclaje			
Resistencia a tensión (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)			
DATOS		Tabla	
N° de agujeros	4		
d perno [pulg]	0.625		
Fnt [Mpa]	620		
Φ (Factor de reducción)	0.75		
Ab [pulg ²]	0.307	Tabla	$\Phi Rn = 0.75 \cdot Fn \cdot Ab$
ΦRn de 1 perno [kN]	92.04		
ΦRn de todos los pernos [kN]	368.15		
Tu [KN]	2.41	CAMBIAR VLR Tu	
n de 1 perno	0.00655	Tabla	
n total de todos los pernos	0.00655		
n de 1 perno	Cumple	Tabla	
n total de todos los pernos	Cumple		
Resistencia a cortante (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)			
DATOS		Tabla	
N° de agujeros	4		
d perno [pulg]	0.625		
Fnv [Mpa]	372		
Φ (Factor de reducción)	0.75		
Ab [pulg ²]	0.307	Tabla	$\Phi Rn = 0.75 \cdot Fn \cdot Ab$
ΦRn de 1 perno [kN]	55.22		
ΦRn de todos los pernos [kN]	220.89		
Tu [KN]	2.41	CAMBIAR VLR Tu	
n de 1 perno	0.01091	Tabla	
n total de todos los pernos	0.01091		
n de 1 perno	Cumple	Tabla	
n total de todos los pernos	Cumple		

Tabla F.2.10.3-2
Resistencia Nominal para Pernos y Piezas Roscadas, MPa

Descripción de los conectores	Resistencia Nominal a tensión F_{nt} (MPa)	Resistencia Nominal a Cortante en Conexiones Tipo Aplastamiento F_{nv} (MPa) ^(a)
Pernos A307	310 ^(b)	188 ^{(b)(c)}
Pernos Grupo A (tipo A325), con roscas incluidas en los planos de corte	620	372
Pernos Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	620	457
Pernos Grupo B (tipo A490), con roscas incluidas en los planos de corte	780	457
Pernos Grupo B (tipo A490), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	780	579
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, con roscas incluidas en los planos de corte	$0.75F_u$	$0.450F_u$
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	$0.75F_u$	$0.563F_u$

Tabla F.2.10.3-2
Resistencia Nominal para Pernos y Piezas Roscadas, MPa

Descripción de los conectores	Resistencia Nominal a tensión F_{nt} (MPa)	Resistencia Nominal a Cortante en Conexiones Tipo Aplastamiento F_{nv} (MPa) ^(a)
Pernos A307	310 ^(b)	188 ^{(b)(c)}
Pernos Grupo A (tipo A325), con roscas incluidas en los planos de corte	620	372
Pernos Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	620	457
Pernos Grupo B (tipo A490), con roscas incluidas en los planos de corte	780	457
Pernos Grupo B (tipo A490), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	780	579
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, con roscas incluidas en los planos de corte	$0.75F_u$	$0.450F_u$
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F-2.1-3.4, cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	$0.75F_u$	$0.563F_u$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Propuesta de anclaje y chequeos para el gabinete.

Chequeo geometrico																			
Separación mínima entre agujeros (Sección F.2.10.3.3 de la NSR-10)	Separación mínima borde (Sección F.2.10.3.4 de la NSR-10)																		
<p>$S_{m\acute{i}ncentros} = 3 * \phi_{perno}$</p> <table border="1"> <tr> <td>ϕ pernos (in)</td> <td>0.625</td> </tr> <tr> <td>$S_{m\acute{i}ncentros}$ (in)</td> <td>1.875</td> </tr> <tr> <td>$S_{centros}$ (in)</td> <td>15.1</td> </tr> <tr> <td>Chequeo:</td> <td>Cumple</td> </tr> </table> <p>$S_{centro} > S_{m\acute{i}ncentros} \rightarrow$ Cumple</p> <p>$S_{m\acute{i}ncentros}$ → Previene que los aplastamientos se unan unos con otros y se aplasten todos los agujeros</p>	ϕ pernos (in)	0.625	$S_{m\acute{i}ncentros}$ (in)	1.875	$S_{centros}$ (in)	15.1	Chequeo:	Cumple	<table border="1"> <tr> <td>$S_{m\acute{i}nborde}$ (mm)</td> <td>22.2</td> <td rowspan="3">Tabla</td> </tr> <tr> <td>S_{bordes} (mm)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Chequeo:</td> <td>Cumple</td> </tr> </table> <p>$S_{borde} > S_{m\acute{i}nborde} \rightarrow$ Cumple</p> <p>$S_{m\acute{i}nbordes}$ → Previene que en las zonas cerca al borde haya desgarros y se desprenda</p>	$S_{m\acute{i}nborde}$ (mm)	22.2	Tabla	S_{bordes} (mm)	100	Chequeo:	Cumple			
ϕ pernos (in)	0.625																		
$S_{m\acute{i}ncentros}$ (in)	1.875																		
$S_{centros}$ (in)	15.1																		
Chequeo:	Cumple																		
$S_{m\acute{i}nborde}$ (mm)	22.2	Tabla																	
S_{bordes} (mm)	100																		
Chequeo:	Cumple																		
	<p align="center">Tabla F.2.10.3-4 Distancia Mínima al Borde^(a), del centro de una perforación estándar^(b) al borde de la parte conectada Pernos con diámetro en pulgadas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diámetro del Perno mm (pulgadas)</th> <th>Distancia mínima al borde mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 (1/2")</td> <td>19.1</td> </tr> <tr> <td>15.9 (5/8")</td> <td>22.2</td> </tr> <tr> <td>19.1 (3/4")</td> <td>25.4</td> </tr> <tr> <td>22.2 (7/8")</td> <td>28.6</td> </tr> <tr> <td>25.4 (1")</td> <td>31.8</td> </tr> <tr> <td>28.6 (1 1/8")</td> <td>38.1</td> </tr> <tr> <td>31.8 (1 1/4")</td> <td>41.3</td> </tr> <tr> <td>mayor que 31.8 (1 1/4")</td> <td>1.25 x d</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) Se permiten distancias al borde menores que las dadas en esta tabla si se satisfacen las provisiones aplicables de los numerales F.2.10.3.10 y F.2.10.4, sin embargo no se permiten distancias menores que (1) diámetro del perno sin aprobación del diseñador estructural.</p> <p>b) Para perforaciones agrandadas o de ranura, véase la tabla F.2.10.3-5.</p>	Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm	12.7 (1/2")	19.1	15.9 (5/8")	22.2	19.1 (3/4")	25.4	22.2 (7/8")	28.6	25.4 (1")	31.8	28.6 (1 1/8")	38.1	31.8 (1 1/4")	41.3	mayor que 31.8 (1 1/4")	1.25 x d
Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm																		
12.7 (1/2")	19.1																		
15.9 (5/8")	22.2																		
19.1 (3/4")	25.4																		
22.2 (7/8")	28.6																		
25.4 (1")	31.8																		
28.6 (1 1/8")	38.1																		
31.8 (1 1/4")	41.3																		
mayor que 31.8 (1 1/4")	1.25 x d																		

Fuente: Elaboración propia

- Hoja de cálculo para la estantería

Tabla 19. Cálculo fuerza de diseño para la estantería con la norma ASCE/SEI 7-22.

1. Datos del elemento			
Ancho (m)	Altura (m)	Fondo (m)	Peso del elemento + Contenido (Wp) (Kg)
1.5	2	0.4	48
2. Datos Generales De La Edificación			
Ocupación	Hospital	S _{DS}	1.2188
Categoría de riesgo	IV	Número de pisos	3
Factor de importancia de la edificación (I _e)	1.5	Tabla 1.5-2	
3. Cálculo de la Fuerza de diseño			
Factor de importancia del componente (I _p)	1.5	Según sección 13.1.3	
C _{AR}	1	Tabla 13.5-1	
R _{po}	1.5		
T _a	0.3	Calcular según sección 12.8.2.1	
a ₁	3.33	No cumple	
a ₂	-0.78	No cumple	
z (m)	5	Tabla 12.2-1	
h (m)	9		
H _f	2.4		
R	8		
Ω ₀	3		
I _e	1.5	Tabla 1.5-2	
R _μ	1.40	Cumple	
0.3*S _{DS} *I _p *Wp	26.33		
1.6*S _{DS} *I _p *Wp	140.40		
Fp (Kg)	39.97		
0.3*S _{DS} *I _p *Wp < Fp < 1.6*S _{DS} *I _p *Wp	Cumple		
g (m/s ²)	9.81		
Fp (KN)	0.3921		
4. Verificar volteo			
Mdesestabilizantes (KN*m)	Mestabilizantes (KN*m)	Anclar	
0.3921	0.0942	SÍ	
5. Verificar deslizamiento			
μ	N (N)	Ffricción (KN)	Anclar
0.6	470.88	0.2825	SÍ

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Propuesta de anclaje y chequeos para la estantería.

6. Propuesta de anclaje				
Resistencia a tensión (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)				
DATOS		Tabla $\Phi Rn = 0.75 \cdot F_n \cdot A_b$ CAMBIAR VLR Tu		
Nº de agujeros	1			
d perno o tornillo [pulg]	0.236			
Fnt [Mpa]	420			
Φ (Factor de reducción)	0.75			
Ab [pulg ²]	0.044			
Φ Rn de 1 perno o tornillo [kN]	8.91			
Φ Rn de todos los pernos o tornillos [kN]	8.91			
Tu [kN]	0.39			
n de 1 perno o tornillo	0.04403			
n total de todos los pernos o tornillos	0.04403			
n de 1 perno o tornillo	Cumple			
n total de todos los pernos o tornillos	Cumple			
Chequeo del anclaje ACI-318-14				
Resistencia del acero del anclaje en tracción		Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un anclaje		
N _{sa} (kN)	11.875	N _{pn} (kN)	8.44	$N_{pn} = \psi_{c,p} * N_p$ $\phi * N_{pn} = \phi * \psi_{c,p} * N_p$ $N_p = 8 * A_{brg} * f'_c$
n	1	N _p (kN)	8.44	
A _{se} (mm ²)	28.274	ψ _{c,p}	1	
f _{uta} (Mpa)	420	A _{brg} (mm ²)	50.27	
φ	0.75	f' _c (Mpa)	21	
φN _{sa} (kN)	8.91	φ	0.75	
Tu (kN)	0.098	ΦN _{pn} (kN)	6.33	
φN _{sa} > Tu	Cumple	Tu (kN)	0.098	
La resistencia nominal de arrancamiento del concreto en tracción		ΦN _{pn} > Tu	Cumple	
N _{cb} (kN)	5.27	$N_{cb} = \frac{A_{NC}}{A_{Nco}} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$ $\phi * N_{cb} = \phi * \frac{A_{NC}}{A_{Nco}} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$ $A_{Nco} = 9 * h_{ef}^2$ $N_b = K_C * \lambda_a * \sqrt{f'_c} * h_{ef}^{1.5}$		
h _{ef} (mm)	30			
A _{nc} (mm ²)	8100			
A _{nco} (mm ²)	8100			
C _{a1} (mm)	1500			
ψ _{ed,N}	1			
ψ _{c,N}	1			
ψ _{cp,N}	1			
N _b (kN)	5.27			
λ _a	1			
k _c	7			
f' _c (Mpa)	21			
φ	0.75			
φN _{cb} (kN)	3.95			
Tu (kN)	0.098			
φN _{cb} > Tu	Cumple			

Tabla tomada de Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS)

Clase de propiedad	Rango nominal de tamaño (mm)	Prueba de fuerza (MPa)	Resistencia elástica, min (MPa)	Resistencia a la tracción, min (MPa)	Material
4.6	5-100	225	240	400	Acero de bajo o medio carbono
4.8	1.6-16	310	340	420	Acero de bajo o medio carbono: total o parcialmente templado
5.8	5-24	380	420	520	Acero de bajo o medio carbono: trabajado en frío
8.8	Menor a 16 (incl.)	660	640	800	Acero de medio carbono: templado y bonificado
8.8	17-72	580	660	830	Acero de medio carbono: templado y bonificado

Fuente: Elaboración propia

- Hoja de cálculo para la mesa

Tabla 21. Cálculo fuerza de diseño para la mesa con la norma NSR-10.

1. Datos del elemento			
Ancho (m)	Altura (m)	Fondo (m)	Peso del elemento + Contenido (Mp) (Kg)
1.2	0.9	0.7	142
2. Cálculo aceleración de piso			
hx (m)	1.2	Sa	1.2188
hn (m)	3	As	0.488
heq (m)	2.25	ax	0.8775
3. Cálculo de la Fuerza de diseño			
ap	2.5	Aa	0.25
Rp	1.5	I	1.5
g (m/s ²)	9.81	$((Aa*I)/2)*g*Mp$ (KN)	0.2612
F _P (KN)	2.0373	F _P > $((Aa*I)/2)*g*Mp$	Cumple
3.0*F _P (KN)	6.112	Sección A.9.4.10 de la NSR-10	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Propuesta de anclaje y chequeos para la mesa.

4. Propuesta de anclaje					
Resistencia a tensión (Sección F.2.10.3.6 de la NSR-10)					
DATOS					
N° de agujeros	2				
d perno o tornillo [pulg]	0.236				
Fnt [Mpa]	420				
Φ (Factor de reducción)	0.75				
Ab [pulg²]	0.044				
ΦRn de 1 perno o tornillo [kN]	8.91	ΦRn=0.75•Fn•Ab			
ΦRn de todos los pernos o tornillos [kN]	17.81				
Tu [KN]	3.06	CAMBIAR VLR Tu			
n de 1 perno o tornillo	0.1716				
n total de todos los pernos o tornillos	0.1716				
n de 1 perno o tornillo	Cumple				
n total de todos los pernos o tornillos	Cumple				
Tabla tomada de Especificaciones de resistencia para las diferentes clases de acero de pernos y tornillos milimétricos (Importadora de pernos IMPOPERNOS)					
Clase de propiedad	Rango nominal de tamaño (mm)	Prueba de fuerza (MPa)	Resistencia elástica, min (MPa)	Resistencia a la tracción, min (MPa)	Material
4.6	5-100	225	240	400	Acero de bajo o medio carbono
4.8	1.6-16	310	340	420	Acero de bajo o medio carbono; total o parcialmente templado
5.8	5-24	380	420	520	Acero de bajo o medio carbono; trabajado en frío
8.8	Menor a 16 (incl.)	660	640	800	Acero de medio carbono; templado y bonificado
8.8	17-72	580	660	830	Acero de medio carbono; templado y bonificado
Chequeo del anclaje Apéndice D - Título C					
Resistencia del acero del anclaje en tracción		Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un anclaje			
N _{sa} (KN)	47.501	N _{pn}	8.44		
n	4	N _p	8.44		
A _{se} (mm²)	28.274	ψ _{c,p}	1		
f _{nta} (Mpa)	420	A _{brg} (mm²)	50.27		
φ	0.75	f _c (Mpa)	21		
φN _{sa} (KN)	35.63	φ	0.75		
φN _{sa} > F _p	Cumple	φN _p (KN)	6.33		
La resistencia nominal de arrancamiento del concreto en tracción		φN _p > F _p	Cumple		
N _{cb} (KN)	5.27	$N_{pn} = \psi_{c,p} * N_p$			
h _{ef} (mm)	30	$\phi * N_{pn} = \phi * \psi_{c,p} * N_p$			
A _{nc} (mm²)	8100	$N_p = 8 * A_{brg} * f'_c$			
A _{nc0} (mm²)	8100				
C _{a1} (mm)	1500				
ψ _{ed,n}	1				
ψ _{c,n}	1				
ψ _{cp,n}	1				
N _b (KN)	5.27				
λ _a	1				
k _c	7				
f _c (Mpa)	21				
φ	0.75				
φN _{cb} (KN)	3.95				
φN _{cb} > F _p	Cumple				

Fuente: Elaboración propia

- Hoja de cálculo para el muro

Tabla 23. Cálculo fuerza de diseño para el muro (Placas de yeso) con la norma NSR-10.

1. Datos del elemento			
Ancho (m)	Altura (m)	Fondo (m)	Ancho de la placa de yeso (m)
2.4	2.4	0.12	0.6
Espesor de la placa de yeso (m)	Densidad del yeso (Kg/m ³)	Cantidad de placas	Peso del elemento (Mp) (Kg)
0.015	800	8	138.24
2. Cálculo aceleración de piso			
hx (m)	2.4	Sa	1.2188
hn (m)	3	As	0.488
heq (m)	2.25	ax	1.3
3. Cálculo de la Fuerza de diseño			
ap	2.5	Aa	0.25
Rp	1.5	I	1.5
g (m/s ²)	9.81	$((Aa*I)/2)*g*Mp$ (KN)	0.254
Fp (KN)	2.94	$Fp > ((Aa*I)/2)*g*Mp$	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Requisitos para la placa de yeso del muro.

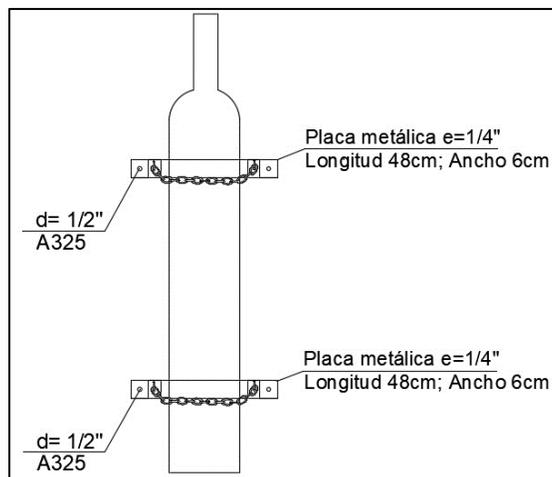
4. Requerimientos para la placa de yeso			
Fuerza de diseño para cada sección de placas (KN)	Número de placas en una sección del muro	Fuerza de diseño para una placa (KN)	Resistencia a la rotura de una placa de yeso longitudinal (KN)
1.47	4.00	0.367	0.65
Chequeo (Resistencia a la rotura > Fuerza de diseño)			
Cumple			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B. ESQUEMAS DE LAS PROPUESTAS PARA LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

- Cilindro de oxígeno

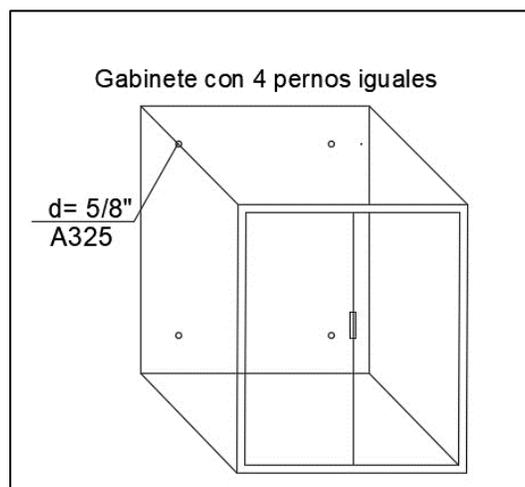
Figura 9. Propuesta de anclaje para cilindro de oxígeno



Fuente: Elaboración propia

- Gabinete

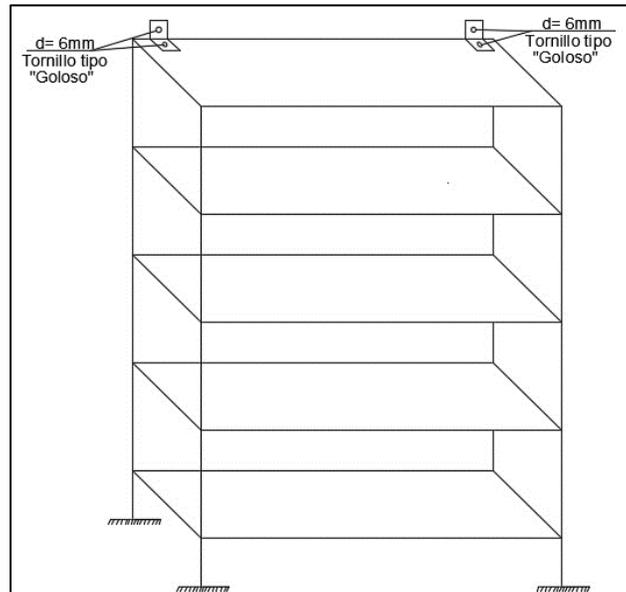
Figura 10. Propuesta de anclaje para gabinete



Fuente: Elaboración propia

- **Estantería**

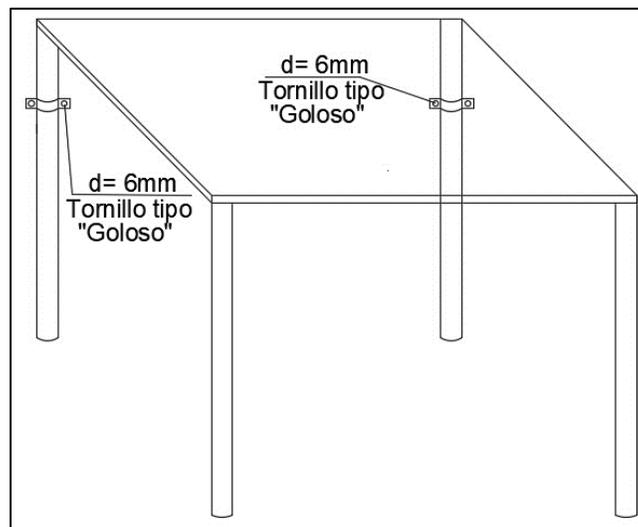
Figura 11. Propuesta de anclaje para estantería



Fuente: Elaboración propia

- **Mesa**

Figura 12. Propuesta de anclaje para mesa



Fuente: Elaboración propia