APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SÍSMICA DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES PROPUESTA EN EL DOCUMENTO ASCE/SEI 31-03 – CASO DE ESTUDIO –

BELTRÁN GAMBA DARWIN DAVIER
CAÑÓN MARTÍNEZ LUIS FELIPE

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2016

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SÍSMICA DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES PROPUESTA EN EL DOCUMENTO ASCE/SEI 31-03 – CASO DE ESTUDIO –

BELTRÁN GAMBA DARWIN DAVIER
CAÑÓN MARTÍNEZ LUIS FELIPE

Monografía para optar al título de: Ingeniero civil

Tutor: Ing. Paulo Marcelo López Palomino

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2016

Nota de aceptación:

Jurado:
Ingeniero Rodolfo Felizzola Contreras.

Bogotá D.C. (Junio 24 de 2016)

Agradecemos de gran manera al Ingeniero Paulo Marcelo López por su constante motivación a ser profesionales íntegros consecuentes con la responsabilidad que acarrea esta profesión tan bella.

Al Ingeniero Rodolfo Felizzola por haber abierto las puertas de su oficina de ingeniería para iniciar en el diseño estructural un camino de vida profesional.

Al Ingeniero Pedro Torrenegra, por atendernos en la entrevista para poder definir algunos criterios básicos.

A grandes compañeros de la universidad pero de sobre manera a Yohana González por su dedicación y compañía, y a Andrés Villamarín por que las iniciativas de emprendimiento hacen que la academia cobre sentido.

A Natalia Carreño, quien más que una compañera sentimental, ha sido un bastión sobre quien apoyarse en este duro camino, y ha permitido que las adversidades sean pasajeras.

A nuestras familias por el constante apoyo y comprensión en los momentos que la academia hacía difícil compartir. Por los cuidados y por las enseñanzas de vida que nos hacen estar en el lugar de ahora.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 16
INTRODUCCIÓN 17
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 18
2 JUSTIFICACIÓN 24
3 OBJETIVOS 25
3.1 OBJETIVO GENERAL 25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 25
4 ALCANCE 26
5 MARCO REFERENCIAL 27
5.1 MARCO DE ANTECEDENTES 27
5.1.1 Adaptación de un sistema ingenieril simplificado de evaluación y diseño de reforzamiento sismo resistente para vivienda en Bogotá. 27
5.1.2 Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: zona centro de la ciudad de Armenia – Colombia. 30
5.2 MARCO CONCEPTUAL 32
5.2.1 PRINCIPIOS DE PATOLOGÍA 32
5.2.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN NSR-10 32
5.2.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN ASCE/SEI 31-03 37
5.2.4 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS: NSR-10 vs ASCE/SEI 31-03 57
6 EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN ASCE/SEI 31-03 66
6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN. 66
6.2 INVESTIGACIÓN PREVIA. 66
6.2.1 RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN. 67
6.2.2 ASPECTOS GEOTÉCNICOS. 67
6.2.3 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS. 69
6.3 VISITA AL SITIO. 70
6.4 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA EDIFICACIÓN. 75
6.4.1 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO. 75
6.4.2 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE SISMICIDAD. 75
6.4.3 DEFINICIÓN DEL TIPO DE EDIFICACIÓN (SISTEMA ESTRUCTURAL). 75
6.4.4 CÁLCULO DE CARGA MUERTA DE LA EDIFICACIÓN. 76
6.4.5 CÁLCULO DE LA PSEUDO ACELERACIÓN ESPECTRAL. 78

6.4.6 CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL Y CORTANTES DE PISO. 79
6.4.7 COMPROBACIONES RÁPIDAS DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ. 81
6.4.8 DEMANDAS DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES. 91
6.5 FASE 1: INSPECCIÓN. 94
6.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EJECUTADO. 94
6.5.2 SELECCIÓN DE LAS LISTAS DE VERIFICACIÓN FASE 1. 96
6.5.3 LISTAS DE VERIFICACIÓN EJECUTADAS. 96
6.5.4 RESUMEN DE DEFICIENCIAS. 96
6.6 FASE 2: EVALUACIÓN. 97
6.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EJECUTADO. 97
6.6.2 LISTAS DE VERIFICACIÓN EJECUTADAS. 120
6.6.3 RESUMEN DE DEFICIENCIAS. 120
6.7 INFORME DE PATOLOGÍAS. 120
6.8 INFORME FINAL DE EVALUACIÓN 122
6.8.1 INFORME FASE 1 122
6.8.2 INFORME FASE 2 128
6.8.3 INFORME FASE 3 132
6.9 RECOMENDACIONES DE REHABILITACIÓN 134
6.9.1 SUSTITUCIÓN TOTAL DE ELEMENTOS AFECTADOS 134
6.9.2 ENSAYOS APLICABLES A MUROS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA 135
6.9.3 ENSAYOS APLICABLES A VIGAS DE MADERA 136
6.9.4 ENSAYOS APLICABLES A ACRISTALAMIENTO EXTERIOR 140
6.9.5 CONFINAMIENTO DE MUROS CONTINUOS VERICALMENTE 142
6.9.6 CAPITELES 144
6.9.7 OTRAS RECOMENDACIONES DE REHABILITACIÓN 147
6.9.8 MANTENIMIENTO 152
7 ANÁLISIS DE RESULTADOS. 152
7.1 CRITERIOS DE REVISIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03 152
7.2 CRITERIOS DE REVISIÓN DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03 153
7.3 FALENCIAS EN CUANTO A REVISIÓN MEDIANTE LA NORMA ASCE/SEI 331-03 153
7.4 FALENCIAS EN CUANTO A REVISIÓN MEDIANTE EL REGLAMENTO NSR-10 154

7.5 CONCORDANCIA DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03 CON EL REGLAMENTO NSR-10 154
7.6 CONCORDANCIA CON LA SITUACIÓN REAL DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN COLOMBIA 155
7.7 REVISIÓN PATOLÓGICA DE LA EDIFICACIÓN..... 155
8 CONCLUSIONES. 156
9 RECOMENDACIONES. 158
10 BIBLIOGRAFÍA..... 160
11 ANEXOS. 163

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Lista de verificación: Identificación de deficiencias 29
Tabla 2. Matriz de daño. 31
Tabla 3. Matriz de vulnerabilidad. 31
Tabla 4. Definición del nivel de sismicidad. 42
Tabla 5. Paralelo Nivel de sismicidad-Zona de amenaza sísmica. 42
Tabla 6. Selección de listas de verificación. , ... 45
Tabla 7. Factor de modificación C 47
Tabla 8.Valor de los parámetros Ct y α para el cálculo del periodo aproximado Ta. 50
Tabla 9. Factores m para muros a cortante. 51
Tabla 10. Comparación entre NSR-10 y ASCE/SEI 31-03 65
Tabla 11. Características del suelo del sector. 68
Tabla 12. Parámetros sísmicos. 69
Tabla 13. Resumen de la visita de sitio. 75
Tabla 14. Cálculo de la carga muerta. 78
Tabla 15. Parámetros sísmicos y periodo de la estructura. 78
Tabla 16. Parámetros de diseño 79
Tabla 17. Datos Análisis sísmico 80
Tabla 18. Determinación del cortante basal 80
Tabla 19. Cortantes de piso 81
Tabla 20. Cortante en muros. 81
Tabla 21. Fuerzas de conexión del diafragma flexible 83
Tabla 22. Cálculo de deriva de piso. 86
Tabla 23. Verificación de irregularidades en altura. 88
Tabla 24. Verificación de longitud mínima de muros y simetría. 90
Tabla 25.Cálculo de fuerzas sísmicas aplicadas a ENE 94
Tabla 26. Selección de listas de verificación por nivel de desempeño y nivel de sismicidad 96
Tabla 27. Resultados de aplicación de Fp según ASCE/SEI 31-03 102
Tabla 28. Ecuaciones para la aceleración en el punto de soporte ax 103
Tabla 29.Resultados de aplicación de Fp según NSR-10 108
Tabla 30. Determinación de índices de sobre esfuerzos. 113
Tabla 31. Resultados de aplicación de Fp modelo dinámico. 118
Tabla 32. Módulo de elasticidad de la madera por grupos de función 137
Tabla 33. Criterios de aceptación para las propiedades de la madera 138
Tabla 34. Criterios de calidad para la madera de uso estructural 140
Tabla 35. Capacidades para uniones clavadas con carga paralela al grano de la madera 146

LISTADO DE IMÁGENES

Ilustración 1. Sismo en Chile Septiembre 2015 20
Ilustración 2. Datos del sismo en Ecuador (Abril 16 de 2016) 21
Ilustración 3. Riesgo sísmico en américa latina 22
Ilustración 4.Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para el reglamento NSR-10 en función de Aa y Av 23
Ilustración 5. Diagrama de flujo evaluación sísmica de edificaciones existentes., 38
Ilustración 6. Diagrama de flujo evaluación sísmica de edificaciones existentes FASE 1. 44
Ilustración 7. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico. 49
Ilustración 8. Irregularidades en altura (Fig. A.3-2 NSR-10) 53
Ilustración 9. Espectro de pseudo aceleración. 79
Ilustración 10. Modelo estático: Muro biapoyado. 98
Ilustración 11. Modelo estático: muro en voladizo. 99
Ilustración 12. Evidencias de incendio en vigas y cielo rasos 124
Ilustración 13. Evidencia de humedad y pudrición en estructuras de madera 125
Ilustración 14. Desprendimiento de mortero de pega en muros de mampostería 126
Ilustración 15. Apoyo de placa de entrepiso en muros del primer piso 127
Ilustración 16. Anclaje de ductos para control de humos 130
Ilustración 17. Esquema de carga para ensayo a flexión en una viga 138
Ilustración 18. Esquema de verificación de paneles de vidrio 141
Ilustración 19. Esquema del proceso constructivo de rehabilitación parte 1 143
Ilustración 20. Esquema del proceso constructivo de rehabilitación parte 2 144
Ilustración 21. Esquema de desarrollo del punzonamiento en estructuras de concreto reforzado y madera 145
Ilustración 22. Esquema de rehabilitación con capitel en madera 146
Ilustración 23. Montaje adecuado de barras en pañete reforzado 149
Ilustración 24. Ubicación del concreto en el pañete reforzado 150
Ilustración 25. Aplicación de fibras de refuerzo en muros de mampostería 151

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Datos preliminares de revisión.

Anexo 2. Planos de levantamiento civil.

Anexo 3. Modelos matemáticos.

Anexo 4. Verificación nivel 1.

Anexo 5. Análisis patológico.

Anexo 6. Verificación nivel 2.

Anexo 7. Comparación metodologías.

Anexo 8. Verificación de longitud de muros.

Anexo 9. Registro fotográfico.

Anexo 10. Listas de verificación [vacías]

GLOSARIO

ACCIÓN: Un momento interno, cortante, torsión, carga axial, deformación, desplazamiento o giro correspondiente a un desplazamiento de una estructura de un grado de libertad; estas se designan como controladas por fuerza o deformación.

ANÁLISIS PATOLÓGICO: Se refiere a la verificación y revisión del componente de calidad y estado de los materiales usados en los elementos constructivos, estructurales o no. Este análisis clasifica los daños dependiendo de factores cómo el material de origen o la causa aproximada.

BASE: El nivel en el que se considera que los movimientos sísmicos terrestres horizontales se imparten a la estructura.

CAPACIDAD: La fuerza o deformación admisible para una acción determinada.

CAUSA DEL DAÑO: Es la hipótesis más probable sobre el origen del daño detectado basado en el entorno del elemento afectado, la edad del elemento u otros daños encontrados a lo largo de la edificación. Esta causa depende casi totalmente del criterio del ingeniero y su experiencia en revisión de edificaciones.

COMPONENTE PRINCIPAL: Un elemento que se requiere para resistir las fuerzas sísmicas a fin de que la estructura alcance el nivel de desempeño elegido.

COMPROBACIÓN RÁPIDA: Un procedimiento de análisis utilizado en las evaluaciones de Nivel 1 para determinar si el sistema de resistencia de fuerza lateral tiene la suficiente resistencia y/o rigidez.

DIAFRAGMA: Un sistema de piso o techo que sirve para interconectar la edificación y actúa para transmitir las fuerzas laterales a los elementos de resistencia verticales.

DIAFRAGMA FLEXIBLE: Diafragma con una deformación lateral máxima de dos veces o más la deriva de piso promedio.

DIAFRAGMA RÍGIDO: Un diafragma con una deformación lateral máxima de menos de la mitad de la deriva de piso promedio.

FRENTE ABIERTO: muro exterior de la edificación que tiene un plano de en un solo lado, sin elementos verticales de resistencia de fuerza lateral en uno o más pisos.

FUERZA A CORTANTE DEL PISO: Porción de la pseudo fuerza lateral soportada por cada piso de la edificación.

MAMPOSTERÍA NO REFORZADA: Edificación en mampostería que no cumple con la definición de mampostería reforzada.

MAMPOSTERÍA REFORZADA: Mampostería que tiene refuerzo tanto vertical como horizontal, de la siguiente manera: se debe disponer de refuerzo vertical como mínimo de 1.29 cm^2 (1No 4) en cada extremo del muro en la sección transversal, al lado de las ventanas o aberturas, el espaciamiento horizontal entre refuerzos no debe ser mayor de 1200 mm. Se debe disponer de refuerzo horizontal de al menos 1.29 cm^2 (1No 4) en sección transversal en el remate y arranque de los muros, en la parte superior e inferior de las aberturas interiores, y a nivel de las losas de entrepiso y el espaciamiento vertical entre refuerzos no debe ser mayor de 3000 mm . La suma de las áreas de refuerzo horizontal y vertical no debe ser menor que 0,0005 veces el área bruta de la sección transversal, y el área mínima de refuerzo en cualquier dirección no deberá ser inferior a 0,000175 veces el área bruta de la sección transversal del elemento.

MURO A CORTANTE: Un muro que resiste fuerzas laterales aplicadas de forma paralela a su plano. También conocida como muro de plano.

MURO NORMAL: Un muro perpendicular a la dirección de las fuerzas sísmicas.

MURO PORTANTE DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA: Un muro de mampostería no reforzada que proporciona soporte vertical a un piso o techo para el cual la carga vertical superpuesta total supera las 1460 N por metro lineal de muro.

MURO TRANSVERSAL: Muro de estructura de mampostería recubierta paneles de madera, paneles estructurales, o paneles de yeso.

NIVEL DE DESEMPEÑO DE OCUPACIÓN INMEDIATA: Desempeño de la edificación que incluye daños a los elementos tanto estructurales como no estructurales durante un sismo de diseño, de modo que: (a) el daño no es un riesgo para la vida, a fin de permitir la Ocupación Inmediata de la edificación después de un sismo de diseño y (b) el daño es reparable mientras que se ocupa la edificación.

NIVEL DE DESEMPEÑO DE PRESERVACIÓN DE LA VIDA: El desempeño de la edificación que incluye daños tanto a elementos estructurales y no estructurales durante un sismo de diseño, de modo que: (a) no se produzca el colapso estructural parcial o total y (b) el daño a los elementos no estructurales no es un peligro para la vida.

NIVEL DE SISMICIDAD: Grado de amenaza sísmica esperada. En el caso de la norma ASCE/SEI 31-03 se clasifican como bajo, moderado o alto, con base en los valores de aceleración asignados y los factores de amplificación del sitio.

PILAR: La parte vertical de un muro entre dos aberturas horizontalmente adyacentes. Los pilares resisten los esfuerzos axiales de las fuerzas de gravedad y momentos flectores de las fuerzas laterales y de gravedad.

PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTO (MRF): Un pórtico capaz de resistir fuerzas horizontales en los miembros (vigas y columnas) y nudos que resisten fuerzas principalmente por flexión.

PROCEDIMIENTO ESPECIAL: Procedimiento de análisis, utilizado para edificaciones de muros portantes de mampostería no reforzada con diafragmas flexibles, que reconoce el movimiento, los esfuerzos y el amortiguamiento del diafragma como los parámetros de respuesta predominantes.

PSEUDO FUERZA LATERAL (V): La fuerza lateral calculada utilizada para las comprobaciones rápidas del Nivel 1 y para el procedimiento estático lineal de Nivel 2. La pseudo fuerza lateral representa la fuerza requerida, en un análisis lineal, para imponer la deformación real esperada de la estructura en su estado de fluencia, donde es sometido a los movimientos del sismo de diseño.

PUNZONAMIENTO: Efecto de la ausencia de una matriz de carga que transmita adecuadamente las cargas de un entrepiso a una columna. Es un efecto recurrente en uniones entre placa y columna directamente sin el uso de vigas de transmisión. La consecuencia del punzonamiento es una fisura localizada de forma redonda en la placa alrededor de la columna.

RELACIÓN DE ASPECTO: Relación entre altura y longitud total para muros a cortante de concreto y mampostería; relación entre altura y longitud de piso para muros a cortante de madera; relación entre vano y espesor para diafragmas horizontales.

RELLENO: Un panel de mampostería colocado dentro de un pórtico de acero o de concreto. Los paneles separados del elemento que rodea por un espacio, se denominan "rellenos aislados. " Los paneles que se encuentran en pleno contacto con los elementos en todo su perímetro se denominan "rellenos a cortantes."

SISMO DE DISEÑO: El sismo de diseño del reglamento NSR-10 se establece para uno con una probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años (periodo de retorno de 475 años).

SISTEMA DE RESISTENCIA DE FUERZA LATERAL: El conjunto de pórticos, muros a cortante, muros portantes, pórticos arriostrados, y la interconexión de los diafragmas de techo y piso, que proporcionan a la edificación una resistencia ante sismos.

TIPO DE EDIFICACIÓN: Clasificación que agrupa las edificaciones con sistemas de resistencia de fuerza lateral y características de desempeño similares ante sismos pasados.

TIPO DE SUELO: Una clasificación asignada a un sitio basado en los tipos de suelos presentes y sus propiedades de ingeniería.

TRAYECTORIA DE CARGA: Una ruta o trayectoria a lo largo de la cual se transfieren las fuerzas inerciales sísmicas de la superestructura a los cimientos.

RESUMEN

En este proyecto se aplica la metodología de evaluación sísmica de edificaciones existentes propuesta en el documento ASCE/SEI 31-03 en los elementos no estructurales para el caso de estudio: *Klub Hostal Kultural KHK* ubicado en la Calle 15 N° 9-64 de la ciudad de Bogotá D.C.

Esta metodología se basa en unas listas de verificación que recogen las deficiencias en cada uno de los componentes de la edificación, que se filtran en 3 fases de evaluación: Fase 1 (inspección), Fase 2 (evaluación), y Fase 3 (evaluación detallada).

Se aplica además un análisis patológico para completar el informe final que será entregado al propietario de la edificación con las recomendaciones respectivas.

Y finalmente se hacen comprobaciones rápidas de acuerdo al reglamento NSR-10 para complementar los resultados iniciales.

Palabras clave: Listas de verificación, evaluación sísmica, edificaciones existentes, elementos no estructurales, análisis patológico.

INTRODUCCIÓN

El presente documento es el resultado de un proceso investigativo que tiene por objetivo desarrollar el contenido de la norma ASCE/SEI 31-03, la cual presenta parámetros para revisión sísmica de edificaciones existentes, se desarrolló con especial atención a la verificación de elementos no estructurales bajo la hipótesis de que el reglamento que rige a Colombia (NSR-10), no cuenta con los parámetros de revisión de elementos no estructurales suficientes para garantizar el cumplimiento de sus propósitos: La preservación de la vida y el patrimonio de las y los colombianos.[1]

Para comprobar dicha hipótesis, se atendió un caso de estudio de la ciudad de Bogotá que contara con varias deficiencias evidenciables en sus elementos no estructurales y se realizó el análisis sugerido por la ASCE/SEI 31-03 en conjunto con una revisión patológica de la construcción que arrojaron datos confiables sobre el estado actual del edificio y su desempeño estructural más probable en el evento de un sismo, esto con el objetivo de demostrar que la inclusión directa del método aplicado, dentro del contenido del NSR-10, sería clave para garantizar sus propósitos primordiales.

[1] Asociación colombiana de ingenieros sísmicos AIS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Ministerio del interior. 2010

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Durante un sismo, una de las mayores causas de muertes asociadas a factores directos corresponde a cortes y contusiones por proyección de objetos[2], que en su mayoría provienen de elementos constructivos defectuosos o sencillamente ignorados durante las inspecciones de rutina, generalmente elementos no estructurales, que no comprometen la estabilidad de la edificación pero si representan un riesgo en la preservación de vidas humanas. Desafortunadamente, el reglamento NSR-10, igual que sus versiones previas, no contiene algún tipo de regulación específica y obligatoria sobre evaluación sísmica de elementos no estructurales existentes.

Un factor agravante en la prevención de pérdidas durante un evento sísmico es el hecho de que la mayoría de las edificaciones construidas en Bogotá son anteriores a la vigencia de la norma y por ende se requieren parámetros distintos de evaluación dependiendo de la edad del edificio. Si bien el reglamento NSR-10 cuenta con un proceso de evaluación para edificaciones construidas o diseñadas antes de la vigencia de la norma, de nuevo no se recae en el mismo problema: No se dictan parámetros de revisión de elementos no estructurales.

En general a raíz del sismo ocurrido en el año de 1983 en Popayán, las autoridades nacionales deciden acuñar a la normativa el primer código de construcciones sismo resistentes en el año 1984 (Decreto 1400 de 1984), y que a partir de la ley 400 de 1997 se genera el marco reglamentario para los temas afines a la construcción sismo resistente, y así ha sido modificado en dos ocasiones posteriores por NSR-98 con el decreto 33 de1998 y el reglamento NSR-10 con el decreto 929 de 2010.[3]

En la exposición de motivos de la creación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo se destaca que, *"independientemente del origen, la causa o la clasificación de los eventos, fenómenos o acontecimientos que pueden tener diferente*

[2] *Earthquakes and People's Health: Vulnerability Reduction, Preparedness, and Rehabilitation* Actas del simposio de la OMS, Kobe, Japón 1997. Génova, Organización mundial de la salud, 1997.

[3] Asociación colombiana de ingenieros sísmicos AIS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Ministerio del interior. 2010

magnitud, intensidad o frecuencia, los estudios realizados permiten establecer que el impacto potencial más crítico sobre la ciudad se daría en caso de un terremoto".[4]

La elección del caso de estudio debe ser representativa ante la probabilidad del suceso de un sismo y por lo tanto de acuerdo a la exposición de motivos para la creación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo, la edificación ubicada en la localidad de Santa Fé provee una ventaja significativa en el acercamiento a los resultados de la aplicación de la norma ASCE/SEI 31-03. En este sentido se cita la condición de vulnerabilidad a la que se enfrenta:

"De acuerdo con la Norma Colombiana Sismo Resistente del año 2010, articulada con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, el Distrito se encuentra en una zona de amenaza intermedia y cuenta con una alta vulnerabilidad sísmica, principalmente en las localidades de La Candelaria, Tunjuelito y ***Santa Fe****. Ante un evento sísmico, los daños se pueden presentar ante todo en las edificaciones de desarrollo informal de los estratos socio económicos 1, 2 y 3. Se calcula que para el escenario de un sismo de magnitud 7, que se origine en la falla frontal de la Cordillera Oriental, pueden ocurrir daños fuertes en cerca de 4.441 manzanas y daños severos en otras 1.124, con pérdidas directas en edificaciones que podrían ascender a más de USD $12.000 millones (en las que se incluyen edificaciones indispensables y de atención a la comunidad), con alrededor de 55.000 heridos y 11.000 muertos. Además, pueden presentarse múltiples roturas en las tuberías de acueducto y alcantarillado, daños en redes de cableados y en general en infraestructura vial y de servicios."*[5]

La realidad sísmica del país amerita ser muy rigurosos en el diseño de las obras civiles que se proyecten y la evaluación de las existentes, pues la amenaza por el movimiento de las placas tectónicas es inminente, elemento que se ve reflejado en la estadística de movimientos de este tipo en el territorio nacional y

[4] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. *Exposición de motivos SDGR.* 2012.

[5] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. *Exposición de motivos SDGR.* 2012.

particularmente en el área de la Mesa de Los Santos en Santander donde se encuentra uno de los puntos con más sismos registrados en el año.[6]

Además de este, se encuentra el posible retorno de sismos que afectarían a la ciudad de Bogotá con pérdidas del orden de 12.700 millones de dólares en caso de un sismo muy fuerte, con un período de retorno de 500 años, y de 3.500 millones de dólares en caso de presentarse un sismo moderado, con un período de retorno de 100 años.[7]

Paralelamente la zona que contiene estas placas tectónicas toca a Chile, país que en 2015 fue golpeado por un sismo de magnitud 8.3 en la escala de Ritcher que arrojó como resultado un saldo de poco menos de 100 muertos.

El Centro Sismológico Nacional de Chile, registró este evento con las siguientes características.[8]



HIPOCENTRO

HORA LOCAL: 19:54:31 16/19/2015

HORA UTC: 22:54:31 16/09/2015

Latitud: -31.637

Longitud: -71.741

Profundidad: 23.3 km

Magnitud: 8.4 Mw CS

Referencia: 3.7 km al NO de Los Vilos

Ilustración 1. Sismo en Chile Septiembre 2015[9]

[6] SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Servicio Geológico Colombiano. [En línea] http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/material-educativo.

[7] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Comisión Económica para América latina y el caribe. [En línea] http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/33658/colombiacapv.pdf.

[8] CENTRO SIMOLÓGICO NACIONAL DE CHILE. CSN. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2015.] www.simologia.cl.

[9] Tomado de: http://www.sismologia.cl/

Como se puede observar la magnitud del sismo en Chile es muy alta en comparación a las víctimas mortales que dejó, se puede intuir que hubo una gran preparación previa para este evento.

En contraste el sismo que sufrió Ecuador (16 de Abril de 2016), fue de menor magnitud y presentó mayor cantidad de muertos (659)[10]. Esto se registró de la siguiente manera según el diario *El Periódico Internacional*[11]:



Ilustración 2. Datos del sismo en Ecuador (Abril 16 de 2016)

Hechos que demuestran la importancia de la rigurosidad y la fidelidad de los modelos matemáticos para predecir el comportamiento del sismo.

Finalmente se presenta el siguiente mapa del Servicio Sismológico Suizo (Servicio Simológico Suizo, s.f.) que refleja el riesgo ante un sismo en américa latina,

[10] Informe de situación Nº53 -Terremoto 7.8 Muisne. Secretaría de Gestión de Riesgos de Ecuador (Quito). Consultado el 30 de abril de 2016

[11] El Periódico Internacional. Los muertos por el terremoto en Ecuador suben a 235. Consultado el 17 de abril de 2016

comparando las victimas mortales en algunos de los eventos ocurridos en diferentes países de la región.

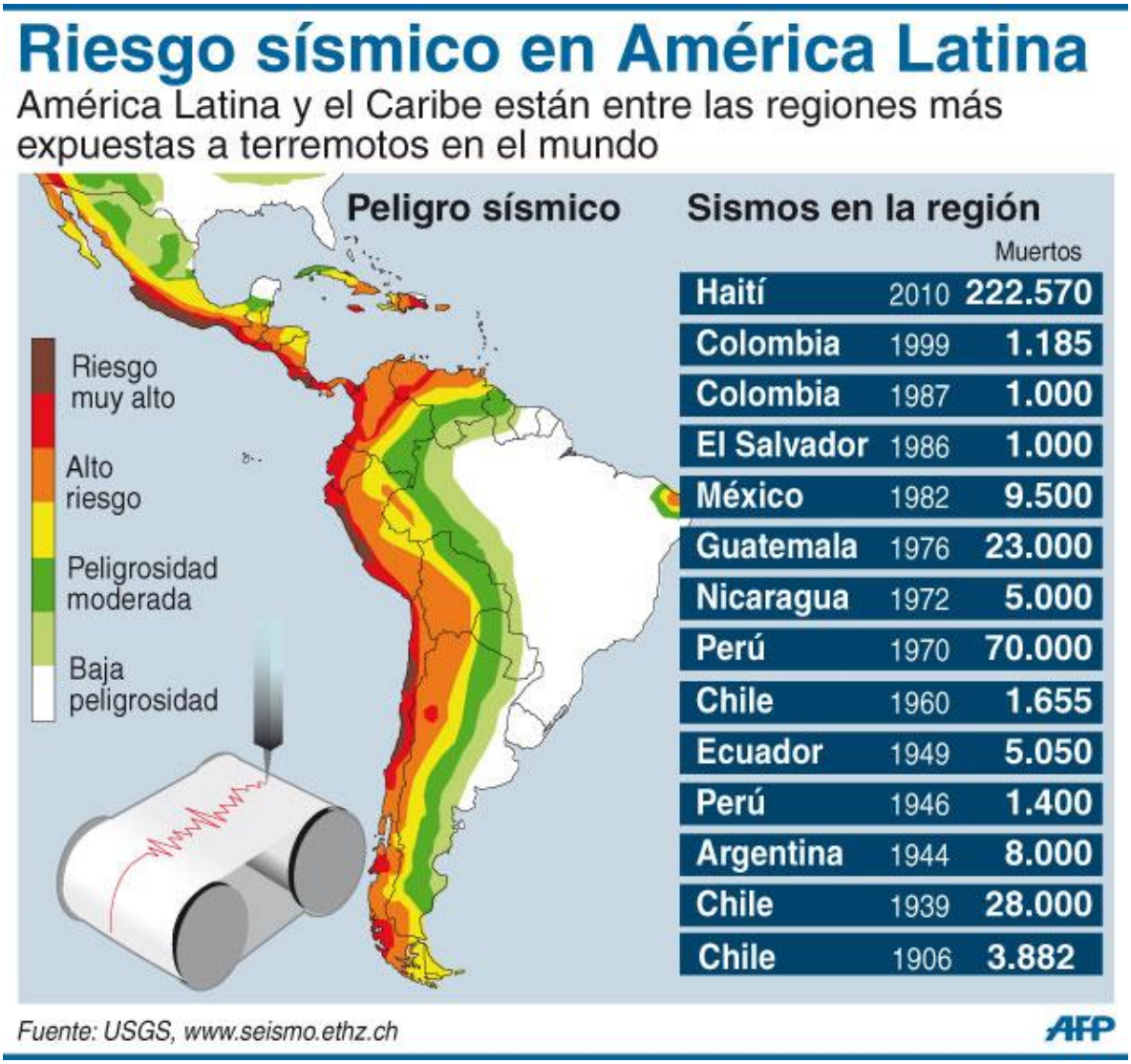


Ilustración 3. Riesgo sísmico en américa latina[12]

Para Colombia se muestra el mapa de amenaza sísmica que contiene el reglamento NSR-10 y que determina las zonas de riesgo por este tipo de fenómenos.

[12] Servicio Sismológico Suizo: http://www.seismo.ethz.ch/

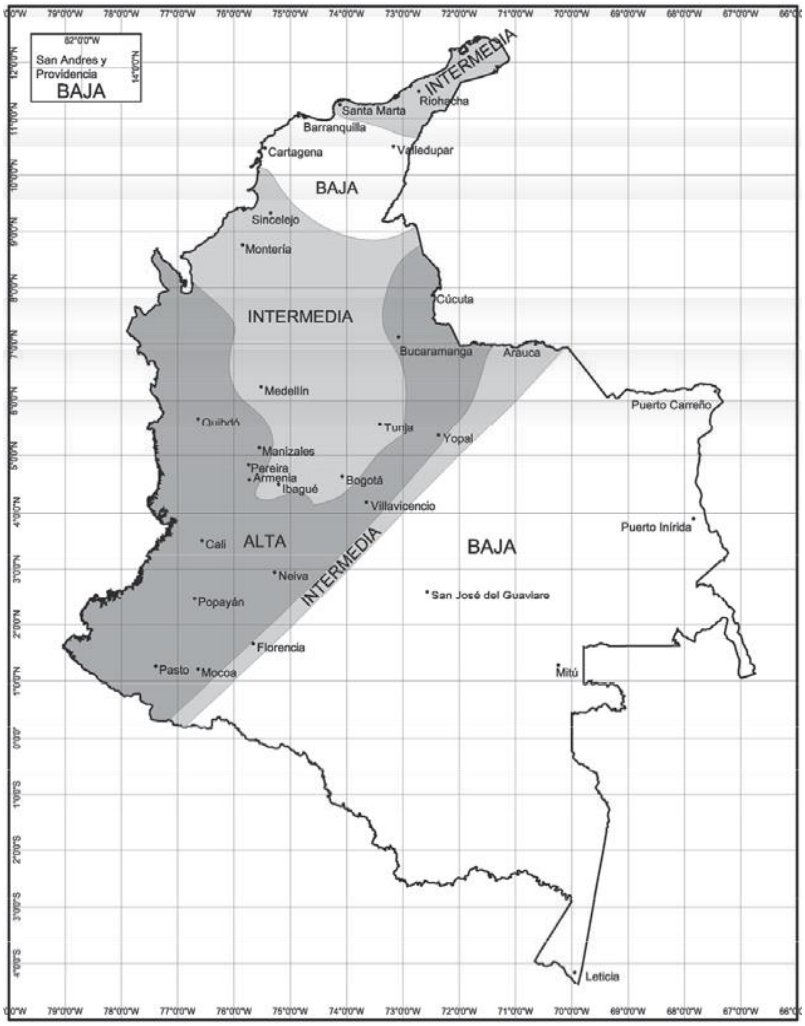


Ilustración 4.Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para el reglamento NSR-10 en función de Aa y Av[13]

[13] Tomado de: Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10 Título A.

2 JUSTIFICACIÓN

La evaluación de edificaciones existentes cobra una mayor relevancia en el contexto de la construcción colombiana, adquiriendo responsabilidades técnicas, legales y sociales que llevan a ser este uno de los parámetros a ser objeto de mayor atención.

En consecuencia el proceso de evaluación sísmica se debe hacer de una manera clara y respondiendo a las necesidades evidenciadas anteriormente, lo que incluye predecir las variables constructivas, entender el sistema estructural, entender el lenguaje arquitectónico, y que preserven la vida humana tal como lo pretende la normativa nacional.

Así, se hace evidente que la falta de lineamientos específicos y obligatorios para la evaluación de elementos no estructurales en construcciones anteriores a la vigencia del reglamento NSR-10 afecta gravemente el desarrollo y conclusión de dicho objetivo. Es por esto, que cómo futuros profesionales en ingeniería civil, los investigadores de pregrado deben abordar el tema y proponer soluciones que les ayuden a resolver posibles situaciones que presenten este problema y en la misma línea de acción, aportar a que la previa revisión y prevención de siniestros atribuidos a las edificaciones.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar la metodología de evaluación sísmica de elementos no estructurales propuesta en el documento *"Seismic Evaluation of Existing Buildings*" ASCE/SEI 31-03, de la Sociedad Americana de Ingenieros civiles (ASCE), según los propósitos del reglamento NSR-10.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la comparación de los criterios y metodologías de evaluación de elementos no estructurales del reglamento NSR-10 y la ASCE/SEI 31-03.

- Hacer la evaluación sísmica de los elementos no estructurales en la edificación ubicada en la Calle 15 # 9-64 de la Ciudad de Bogotá, en visitas técnicas donde se apliquen los criterios del reglamento NSR-10 en la metodología de la ASCE/SEI 31-03.

- Realizar un análisis patológico de la edificación que se integre con la evaluación sísmica de elementos no estructurales.

- Generar un informe de resultados de la evaluación con recomendaciones para el propietario de la edificación.

4 ALCANCE

Como resultado del presente proyecto se creará un documento en el que se haga la evaluación de elementos no estructurales de un caso de estudio según el documento ASCE/SEI 31-03 y un análisis patológico, teniendo en cuenta los parámetros del reglamento NSR-10 que complementen la metodología propuesta en ambos. Se hacen comprobaciones rápidas de acuerdo al reglamento NSR-10 para complementar los resultados iniciales.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Se presentan a continuación algunas referencias a documentos que han contribuido a que se desarrolle el tema de la evaluación sísmica en edificaciones existentes, aunque no se trata con gran profundidad el tema de los elementos no estructurales, se evidencia una preocupación por la integridad del sistema estructural luego de un movimiento sísmico significativo.

5.1.1 Adaptación de un sistema ingenieril simplificado de evaluación y diseño de reforzamiento sismo resistente para vivienda en Bogotá.[14]

La organización Build Change en conjunto con Degenkolb Engineers, desarrolló un manual de evaluación y rehabilitación sísmica basado en las normas estadounidenses ASCE-31 y ASCE-41 para viviendas en mampostería confinada y mampostería no reforzada, en alto riesgo en Haití en respuesta al sismo de 7.0 de magnitud ocurrido en 2010. Con este manual se han rehabilitado más de 1300 viviendas.

Así como el ministerio Haitiano de Obras Públicas Transporte y Comunicaciones, adoptó el manual, Build Change presenta la adaptación de este para que sea implementado en la ciudad de Bogotá D.C en las zonas donde viven personas en alto riesgo por colapso de sus viviendas por efectos sísmicos ya que Bogotá se encuentra catalogada según el reglamento NSR-10 como zona de amenaza sísmica intermedia, sumado a la falta de planeación y de criterios constructivos técnicos.

[14] Blaisdell M.Lisbeth, Strand Elizabeth, Caballero Juan. *Adaptation of a simplified engineered approach to housing seismic evaluation and retrofit design for use in Bogotá.* Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Universidad de los Andes, Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. Bogotá 2015

Lo que plantea el manual es un método de evaluación para edificaciones existentes de mampostería de baja altura para determinar su capacidad ante un evento sísmico futuro, en resumen se inicia con una visita técnica al lugar para documentar y evaluar las condiciones iniciales de la edificación y del sitio a través de una lista de verificación para la identificación de deficiencias a nivel sísmico que permita confirmar si la interacción de la estructura con el sitio es la adecuada para garantizar la preservación de la vida humana, con ítems como la configuración del sistema estructural, la continuidad de los elementos, deflexiones, esbeltez, entre otros.

La lista de elementos en la verificación se presenta a continuación con un total de 28 elementos categorizados en 6 grupos.

Lista de verificación: Identificación de deficiencias	
CATEGORÍA	ÍTEM
Amenaza Geológicas del sitio	1.1 Licuefacción
	1.2 Falla de ladera
	1.3 Muros de contención del sitio
Cimientos	2.1 Cimentación de muros (paredes)
	2.2 Desempeño de los cimientos
	2.3 Volcamiento
	2.4 Conexión entre los elementos de la cimentación
	2.5 Deterioro
Sistema constructivo	3.1 Materiales
	3.2 Ruta de carga
	3.3 Cantidad de pisos
	3.4 Altura de pisos
	3.5 Carga
	3.6 Sistema de piso y cubierta
	3.7 Muros

	3.8 Voladizos
	3.9 Daños
Muros (Paredes) de mampostería	4.1 Confinamiento
	4.2 Vanos
	4.3 Viga de coronación
	4.4 Porcentaje de área de muros
Configuración	5.1 Torsión
	5.2 Edificaciones adyacentes
	5.3 Discontinuidades verticales
Elementos constructivos	6.1 Columnas de concreto aisladas o discontinuas
	6.2 Aberturas en losas cerca de los muros cortantes
	6.3 Parapetos
	6.4 Escaleras y descansos.

Tabla 1. Lista de verificación: Identificación de deficiencias [15]

En cuanto al análisis estructural se usa una lista de verificación donde se identifica la resistencia lateral del edificio basado en el porcentaje de rigidez que aportan los muros y se verifica que el área existente sea mayor o igual que el área requerida para la resistencia lateral.

Luego de que se han identificado las deficiencias y se ha hecho el análisis estructural respectivo, se procede a diseñar un esquema que permita atacar cada una de ellas de manera sistemática, tal que cuando se vuelva a hacer la evaluación con la lista de verificación estas ya no se presenten. En caso que el área de muros sea insuficiente, se evalúan las alternativas con el propietario de la vivienda como aumentar el ancho de los muros, construir nuevos muros, añadir concreto a los muros, convertir los muros no confinados en confinados aumentando la ductilidad de la estructura, entre otras soluciones.

[15] Blaisdell M.Lisbeth, Strand Elizabeth, Caballero Juan. *Adaptation of a simplified engineered approach to housing seismic evaluation and retrofit design for use in Bogotá.* Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Universidad de los Andes, Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. Bogotá 2015

5.1.2 Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: zona centro de la ciudad de Armenia – Colombia.[16]

Esta metodología está elaborada como una ampliación y adaptación de la PERCAL 6 de la Universidad EAFIT de Medellín, y se ha utilizado en el sector de la zona centro de la ciudad de Armenia en 2525 predios.

Se ocupa de determinar la vulnerabilidad indicativa de un predio, el cálculo aproximado de las perdidas probables estructurales y no estructurales; para esto tiene en cuenta variables en las edificaciones como el año de construcción, la altura de la edificación, el tipo de cubierta, el sistema constructivo, y el tipo y características del suelo.

Los puntos cruciales a determinar son la amenaza sísmica y la vulnerabilidad sísmica, en cuanto al primero, se estima mediante métodos probabilísticos basados en los datos de sismicidad en la zona, la atenuación de las ondas sísmicas, registros acelero gráficos disponibles, etc; en cuanto al segundo punto, se determina la afectación (daño) de las estructuras en función de la amenaza sísmica estimada en el primer punto.

La vulnerabilidad sísmica V se calculará como una función probabilística de la razón entre el nivel de daño esperado D en la edificación y la intensidad del sismo I que lo causa.

$$V = p\left(\frac{D}{I}\right) \qquad (1)$$

[16] Cano-Saldaña Leonardo, Et All. *Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: Zona centro de la ciudad de Armenia-Colombia.* Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol 5 (1). 2005

A partir de esta relación se determinan los índices de daño estructural (IDE), índice de daño no estructural (IDNE) y el índice de daño total (IDT), que servirán para discriminar la información a través de las matrices de daño y de vulnerabilidad que se presentan a continuación.

Matriz de daño del EERI (1996)		
Nivel	Índice de daño (%)	Estado discreto del daño
Ninguno	0	Sin daño.
Ligero	0-5	Daño no estructural aislado.
Moderado	5-25	Daño considerable no estructural y daño estructural ligero.
Severo	25-50	Daño estructural considerable y daño no estructural excesivo.
Total	50-70	Más económico demoler que reparar.
Colapso	>70	Colapso de la estructura.

Tabla 2. Matriz de daño.[17]

Matriz de vulnerabilidad			
Vulnerabilidad	Tipo de sismo		
	Leve	Moderado	Fuerte
Baja	0-5	0-25	0-50
Media	5-25	25-50	50-70
Alta	25-100	50-100	70-100

Tabla 3. Matriz de vulnerabilidad.[18]

[17] Cano-Saldaña Leonardo, Et All. *Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: Zona centro de la ciudad de Armenia-Colombia.* Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol 5 (1). 2005

Finalmente se calcula la pérdida estructural y no estructural de cada una de las estructuras de la ciudad y el riesgo final (suma de las pérdidas individuales), esto se hace en función del porcentaje de daño y el costo de rehabilitación de los elementos estructurales y no estructurales.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 PRINCIPIOS DE PATOLOGÍA

El análisis patológico es la determinación, mediante inspecciones visuales y técnicas, de los efectos del entorno y el medio ambiente en la estabilidad y funcionalidad de las instalaciones de la edificación. Este tipo de evaluaciones contempla la estética del conjunto constructivo, la afectación al desempeño estructural de la edificación, el daño a la salud y bienestar de los ocupantes y usuarios del inmueble y la posibilidad de desencadenar daños mayores. Según Paulo Do Lago[19], la realización de un ejercicio de verificación patológica hecho a tiempo y en los términos de revisión adecuados puede prevenir que se redunde en estados de la construcción que finalmente arriesguen la vida y el capital de las personas, siempre y cuando no se den procesos de intervención inconsecuente y se realicen las recomendaciones de reparación y mantenimiento con el criterio apropiado.

5.2.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN NSR-10[20]

La evaluación de edificaciones existentes se presenta en el capítulo A.10 “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”.

---

[18] Cano-Saldaña Leonardo, Et All. *Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: Zona centro de la ciudad de Armenia-Colombia.* Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol 5 (1). 2005

[19] HELENE, Paulo R. L; PEREIRA, Fernanda. Manual de reparación, refuerzo y protección de estructuras en concreto. 1. ed. São Paulo: Red Rehabilitar.2005.

[20] Asociación colombiana de ingenieros sísmicos AIS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Ministerio del interior. 2010

El alcance presentado allí, establece que los requisitos del mismo son aplicables a la evaluación del comportamiento sísmico y el diseño de la intervención, reparación o refuerzo de la estructura. Allí se dan las situaciones que cobijan este análisis:

- Reparaciones y cambios menores.
- Cambios de uso.
- Vulnerabilidad sísmica.
- Modificaciones.
- Reforzamiento estructural.
- Reparación de edificaciones dañadas por sismos.

En este caso, el proyecto se acomoda al análisis por vulnerabilidad sísmica.

Seguido, en el numeral A.10.1.4, se establecen 12 etapas agrupadas en 3 tipos de información para la evaluación de la intervención en la edificación: preliminar, evaluación de la estructura existente e intervención del sistema estructural

INFORMACIÓN PRELIMINAR:

Etapa 1:

Verificación de que la intervención esté dentro del alcance del reglamento: Reparaciones y cambios menores, cambios de uso, vulnerabilidad sísmica, modificaciones, reforzamiento estructural, y rehabilitación de estructuras dañadas por sismo.

Etapa 2:

Recopilación de información existente (diseño geotécnico y estructural, sistema constructivo), y exploraciones de sitio.

La información previa que se debe tener para esta etapa, debe converger a la determinación de los siguientes aspectos.

- Cuando se disponga de documentos descriptivos del diseño estructural, debe constatarse que exista concordancia en el sitio. Además deben hacerse exploraciones representativas.
- Determinar la calidad de la construcción, el estado de conservación de manera cualitativa.
- Determinar de la estructura a partir de la evidencia de fallas locales, deflexiones excesivas, corrosión y otros indicios del comportamiento.
- Determinar la posible existencia de asentamientos de la cimentación y su efecto sobre la estructura.
- Determinar la ocurrencia en el pasado de eventos que hayan podido afectar la integridad de la estructura.

Etapa 3: Calificación de la estructura de manera cualitativa (calidad del diseño y su construcción, y estado de mantenimiento y conservación de la estructura actual).

- Calidad del diseño y la construcción de la estructura original en términos de la tecnología existente en la época en que se construyó.
- Estado de la estructura, basada en sismos que la han podido afectar, fisuración por cambios de temperatura, corrosión, asentamientos, reformas, deflexiones, estado de las uniones. Se debe calificar como: Bueno, regular y malo.

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Las etapas siguientes deben contemplar los requisitos en el capítulo A.10.4. Criterios de evaluación de la estructura existente.

Etapa 4:

Establecer una equivalencia entre las solicitaciones que está en capacidad de resistir la actual estructura y las que se exigen en el reglamento.

Etapa 5:

Análisis elástico de la estructura y de la cimentación.

Etapa 6:

Determinación de la resistencia de la estructura existente.

Etapa 7:

Obtención de la resistencia efectiva de la estructura.

Etapa 8:

Determinación del índice de sobre esfuerzo.

Etapa 9:

Obtención de las derivas.

Etapa 10:

Obtención del índice de flexibilidad por efectos horizontales y verticales.

INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Etapa 11: Definición del tipo de intervención: ampliaciones adosadas, ampliaciones en altura, actualización al reglamento.

Etapa 12: Análisis de la estructura de acuerdo a la intervención propuesta.

Es de vital relevancia aclarar que en este título del reglamento NSR-10 A.10.4.4 se define como metodología alterna la que se va a presentar como comparación *Seismic Evaluation of Existing Buildings* ASCE/SEI 31-03.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.

Como se mencionó, para aplicar la evaluación de la estructura existente (de la etapa 5 a la 10) se usan los parámetros del capítulo A.10.4

- Solicitaciones equivalentes:

Relación entre las solicitaciones que prescribe el reglamento NSR-10, y las que la edificación están en capacidad de resistir.

  - Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva: Se deben utilizar los movimientos sísmicos de diseño según el capítulo A.2 (NSR-10) para el lugar en que se

encuentre la edificación, el grupo de uso que va a tener una vez se lleve a cabo la modificación, con el fin de analizar la estructura como si fuera una edificación nueva.

- Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad limitada:
  Se deben utilizar los movimientos sísmicos según A.10.3, es decir para una probabilidad del 20% de ser excedidos en un lapso de 50 años. Esto para las situaciones contempladas en A.10.9
- Clasificación del sistema estructural: Se debe clasificar el sistema estructural dentro de los definidos en A.3:
  - Sistema de muros de carga: paneles de cortante de madera, muros estructurales, pórticos con diagonales.
  - Sistema combinado: pórticos de acero con diagonales excéntricas, muros estructurales, pórticos con diagonales concéntricas.
  - Sistema de pórticos resistente a momentos: pórticos resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía especial, moderada o mínima; pórticos losa-columna; estructuras de péndulo invertido.
  - Sistema dual: muros estructurales, pórticos de acero con diagonales excéntricas, pórticos con diagonales concéntricas.

- Coeficiente de capacidad de disipación de energía R': Debe hacerse esta asignación según los datos disponibles de la estructura.
  - Cuando se disponga de buena información del diseño original: Se permite determinar R', por comparación con los requisitos que para el material y el sistema estructural fija NSR-10 a criterio del ingeniero encargado.
  - Cuando no se disponga de buena información del diseño original: R' debe ser definido a criterio del ingeniero encargado de la evaluación, siempre menor $R=\Phi a^* \Phi p^* \Phi r^* Ro$, establecido en A.3

- Cuando no exista ningún tipo de información: R'= 3/4 R, donde R=Φa* Φp* Φr*Ro., se obtiene de lo establecido en A.3
- Cuando se trate de edificaciones de mampostería no reforzada, R'= 1.0

- Fuerzas sísmicas (Fs): Se deben calcular con el método de la fuerza horizontal equivalente. Si hay suficiente información se permite usar el método de análisis dinámico a juicio del diseñador.
- Cargas diferentes a las solicitaciones sísmicas: De acuerdo al título B. Cargas (NSR-10) a excepción de las cargas muertas que deben evaluarse con base en observaciones y mediciones de campo.
- Análisis estructural: Obtener las fuerzas y esfuerzos internos de la estructura a partir del modelo matemático.
- Obtención de las solicitaciones equivalentes: Se deben seguir los parámetros de combinación de carga según el capítulo B.2. En los efectos causados por sismo se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, empleando efectos sísmicos reducidos de revisión E=Fs/R'<

5.2.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN ASCE/SEI 31-03

A continuación se presenta la metodología de evaluación sísmica para edificios existentes que se propone en el documento *Seismic Evaluation of Existing Buildings* ASCE/SEI 31-03[21], a través del diagrama de flujo de la misma normativa.

Como se ve en el diagrama, se compone de 3 fases de rigurosidad y complejidad gradual, la fase de inspección, la fase de evaluación y la fase de evaluación detallada. Se va avanzando entre las fases, calificando los elementos a través de listas de verificación y se pasa a la siguiente fase de evaluación según los requerimientos de rigurosidad y las deficiencias que se encuentran.

[21] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

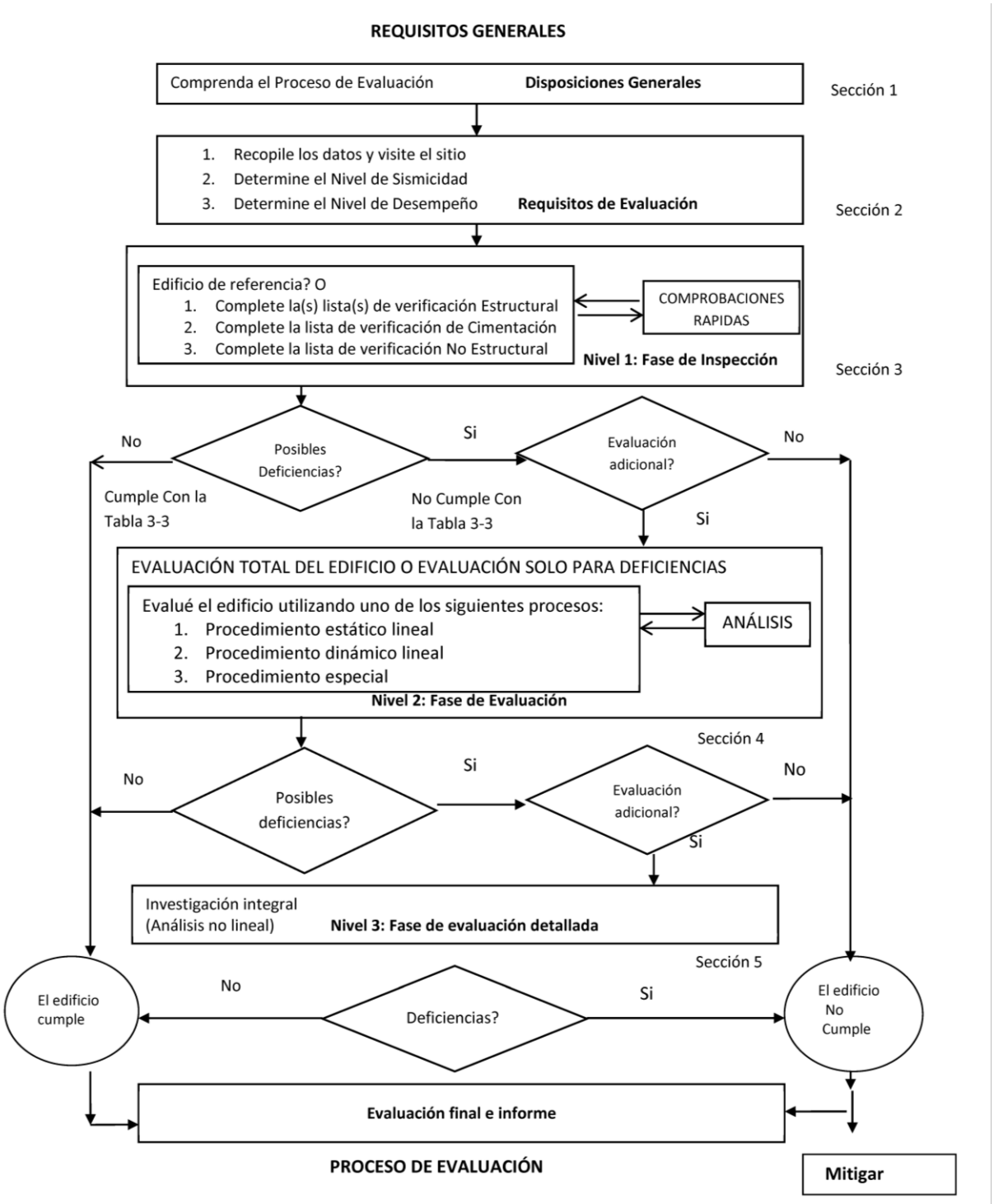


Ilustración 5. Diagrama de flujo evaluación sísmica de edificaciones existentes. [22],

[22] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

5.2.3.1 Requisitos de evaluación

Investigación requerida

Se debe realizar una investigación que permita definir el nivel de sismicidad y el tipo de edificación. Consiste en una revisión de los documentos disponibles que se relacionen con el diseño original y verificar su contenido con la edificación existente. Esta revisión debe ser suficiente para completar las listas de verificación del nivel 1 y 2, por lo tanto se debe contemplar la realización de ensayos destructivos de ser necesario y ensayos no destructivos de manera obligatoria, especialmente en uniones.

La normativa permite el uso de ciertos valores de las propiedades de los materiales de construcción en caso que no se encuentre información sobre estos, que son los siguientes:

- fc= 14 MPa para concreto
- fy= 240 MPa para el acero de refuerzo
- Fv= 240 MPa para el acero estructural
- F´m= 7 MPa para la mampostería
- Vte= 0.14 MPa para unidades de mampostería en concreto
- Vte= 0.07 MPa para unidades de mampostería de arcilla
- Fpe= 110 KN para la resistencia efectiva de un torón preesforzado

En resumen se debe:

- Buscar un informe geotécnico sobre las condiciones del suelo
- Establecer parámetros del sitio y del suelo.
- Reunir los datos de diseño y edificación (planos, especificaciones y cálculos).
- Evaluación del desempeño de la edificación durante sismos pasados.

Para la recolección de esta información se puede realizar una investigación que incluya el desarrollo histórico de la edificación y el sector, remitirse a la normativa vigente durante el diseño y construcción de la obra o consultar a expertos en construcción de dicha época.

Visita al sitio

Esta visita se hace para verificar datos existentes y recoger algunos adicionales, para determinar el estado de la edificación.

De la visita se debe incluir lo siguiente:

a. Descripción general de la edificación.
b. Descripción del sistema estructural
c. Descripción de elementos no estructurales
d. Uniones de los accesorios no estructurales
e. Tipo de edificación.
f. Tipo de sitio.
g. Uso de la edificación.
h. Características arquitectónicas especiales
i. Edificaciones adyacentes.
j. Estado de la edificación.

Niveles de desempeño

El nivel de desempeño hace referencia al daño que se espera en la edificación luego de la acción del sismo sobre la estructura.

Se clasificó por el comité Visión 2000 de la SEAOC (Asociación de Ingenieros estructurales de California) de la siguiente manera:

Nivel de desempeño Operacional: Daños mínimos sin deflexiones permanentes, manteniendo la rigidez y resistencia inicial de la estructura.

Nivel de desempeño de ocupación inmediata: En este nivel se encuentran edificaciones que durante el sismo de diseño resistirán tanto la fuerza lateral como la vertical en casi su totalidad sin daños significativos a los elementos estructurales y no estructurales. Dentro de este grupo se ubican edificios clasificados como esenciales, necesarios para la atención después de un sismo (por ejemplo hospitales, estaciones de bomberos o policía, etc).

Nivel de desempeño de preservación de la vida: En este nivel existe un margen contra el colapso parcial o total de las edificaciones con el riesgo de lesiones pero se espera un riesgo de amenaza a la vida muy bajo.

Nivel de desempeño de prevención del colapso: Daños muy grandes, tales que la edificación está al borde del colapso, degradación significativa de la rigidez y resistencia del sistema de resistencia lateral, deformaciones permanentes laterales, pero el sistema de resistencia vertical aún transporta las cargas.

La ASCE 31-03 aplica la metodología sólo para los niveles de *preservación de la vida* y *de ocupación inmediata.*

Nivel de sismicidad

El nivel de sismicidad depende de la localización de la edificación y está dada en función de la aceleración pico efectiva, de acuerdo a la siguiente tabla:

Definición del Nivel de Sismicidad

Nivel de Sismicidad	S_{DS}	S_{D1}
Bajo	< 0,167 g	< 0,067 g
Moderado	≥ 0,167 g < 0,500 g	≥ 0,067 g < 0,200 g
Alto	≥ 0,500 g	≥ 0,200 g

Tabla 4. Definición del nivel de sismicidad. [23]

Dónde:

S_{DS}: Parámetro de aceleración espectral de respuesta para periodos cortos de diseño.

***S_{D1}*:** Parámetro de aceleración espectral de respuesta de diseño en un periodo de un segundo.

Se puede decir que es análogo a las zonas de amenaza sísmica definidas en el reglamento NSR-10 y por tanto al igual que otros parámetros de la ASCE deben ser correlacionados con la normativa nacional, por lo tanto se hará la siguiente acepción:

Nivel de Sismicidad ASCE	Zona de amenaza símica NSR-10
Bajo	Baja
Moderado	Intermedia
Alto	Alta

Tabla 5. Paralelo Nivel de sismicidad-Zona de amenaza sísmica.

Clasificación en un tipo de edificación (según sistema estructural).

Se debe clasificar la edificación según el sistema de resistencia lateral y el tipo de diafragma, para esto la ASCE 31-03 cuenta un listado de edificaciones comunes:

- Pórticos de madera livianos

[23] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

- Pórticos de madera comercial e industrial.
- Pórticos de acero a momento.
- Pórticos de acero arriostrados
- Pórticos de acero liviano.
- Pórticos de acero con muros a cortante de concreto.
- Pórticos de acero con muros a cortante de mampostería no reforzada.
- Pórticos de concreto resistente a momento.
- Muros de cortante de concreto.
- Pórticos de concreto con muros a cortante de mampostería no reforzada.
- Muros a cortante de concreto prefabricado-TILT-UP
- Pórticos de concreto prefabricado.
- Muros portantes de mampostería reforzada con diafragmas flexible.
- Muros portantes de mampostería reforzada con diafragmas rígidos.
- Muros portantes de mampostería no reforzada.

5.2.3.2 Fase de inspección (Nivel 1)

Generalidades

El propósito de una evaluación de nivel 1 es descartar las edificaciones que cumplan con las indicaciones de esta norma, o identificar las posibles deficiencias rápidamente.

Este análisis se limita a comprobaciones rápidas, para calcular la rigidez y resistencia de algunos elementos para verificar el cumplimiento de los parámetros de evaluación.

El procedimiento a seguir en esta fase, se resume en el siguiente diagrama de flujo:

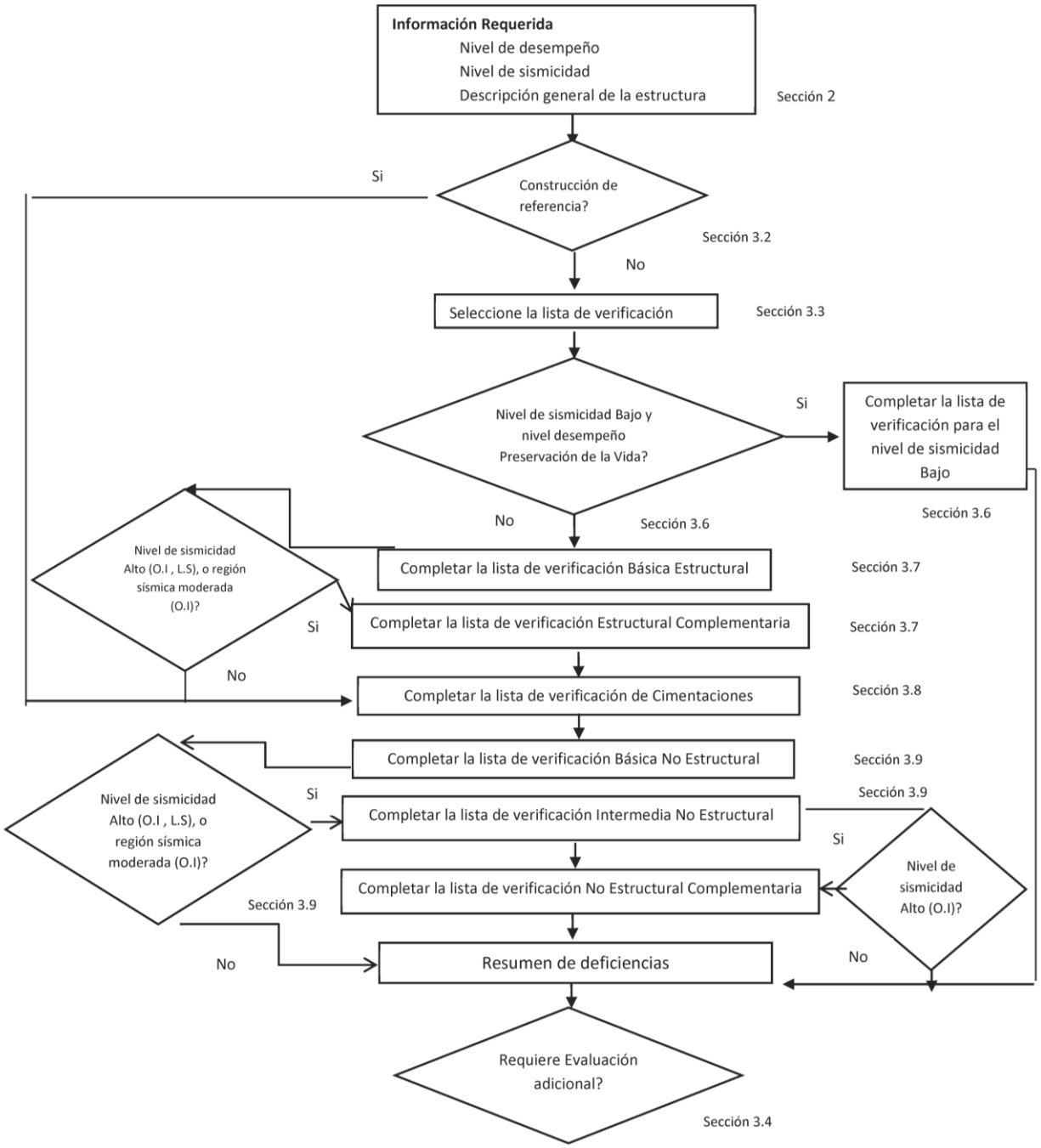


Ilustración 6. Diagrama de flujo evaluación sísmica de edificaciones existentes FASE 1. [24]

[24] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

Uso de listas de verificación

En la Fase de nivel 1, se deben llenar las listas correspondientes a la edificación según la siguiente tabla:

Nivel de sismicidad	Nivel de desempeño	Listas de verificación requeridas						
		Nivel de sismicidad bajo	Estructural básica	Estructural complementaria	Cimentaciones y sitios de riesgo geológico	No estructural básica	No estructural intermedia	No estructural complementaria
Bajo	LS	►						
	IO		►		►	►		
Moderado	LS		►		►	►		
	IO		►	►	►	►	►	
Alto	LS		►	►	►	►	►	
	IO		►	►	►	►	►	►

Una flecha (►) indica que la lista de verificación debe ser completada para una evaluación de Nivel 1 en función del nivel de sismicidad y nivel de desempeño.

Tabla 6. Selección de listas de verificación. [25],

En estas listas se presentan unos parámetros de verificación y cada uno de ellos será calificado, en términos de “Cumple (C)”, “No cumple (NC)” o en casos donde el ítem no sea aplicable “No aplica (N/A)”.

Cuando sea necesario se deberán hacer comprobaciones rápidas de Nivel 1 para completar la evaluación. (Según la sección 3.5 de ASCE/SEI 31-03)

La lista de verificación No estructural está dividida en 3 listas: Básica, Intermedia y Complementaria.

Para todas las edificaciones excepto aquellas con nivel de desempeño de preservación de la vida se debe usar la lista de verificación Básica; para un nivel de sismicidad moderado con nivel de desempeño Ocupación inmediata o que están en nivel de sismicidad alta se deberán llenar las listas de verificación Básica e Intermedia; para edificaciones en nivel de sismicidad alta y nivel de desempeño

[25] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 “evaluación sísmica de edificaciones existentes”. Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

Ocupación inmediata se deberá llenar la lista de verificación Complementaria, la Intermedia y la Básica.

Fuerzas cortantes sísmicas.

- Pseudo fuerza lateral: Se calculará de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$V = C\ S_a W \qquad (2)$$

En donde:

V= Pseudo fuerza lateral

C= Factor de modificación para relacionar los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal. (Se obtiene de la tabla 7)

Sa= Parámetro de aceleración de respuesta espectral para el periodo fundamental de la edificación en la dirección en consideración.

W= Peso sísmico efectivo de la edificación, incluyendo la carga muerta total y porciones aplicables de otras cargas gravitacionales que se enumeran a continuación:

- En las zonas destinadas al almacenamiento, se aplicará un mínimo del 25% de la carga viva del piso. Sólo se permitirá reducir la carga viva en un área tributaria por la autoridad competente. No es necesario considerar la carga viva del piso en garajes públicos o estructuras de estacionamientos abiertos
- Donde se incluye las cargas de particiones en el diseño de la carga del entrepiso, se aplicará el peso real de partición de la superficie o un peso mínimo de 480 N/m^2 de superficie, lo que sea mayor.
- El peso total de funcionamiento de los equipos permanentes.
- Donde la carga de diseño de nieve en el techo plano, calculada de acuerdo con ASCE 7-02, exceda las 1440 N/m^2, la carga efectiva de nieve que se tomará será el 20 % de la carga de nieve de diseño. Cuando la carga de nieve plana del techo de diseño sea de 1440 N/m^2 o menor, se permitirá que la carga efectiva de nieve sea cero.

Por otro lado, se permitirá utilizar la Ecuación (3) para calcular la pseudo fuerza lateral para las edificaciones en las que la base de la cimentación sea menor de 900 mm por debajo del nivel exterior con losa o vigas de amarre que conecten las zapatas interiores, y que están siendo evaluadas para el nivel de desempeño de Preservación de la Vida:

$$V = 0.75\,W \tag{3}$$

Factor de modificación C				
Tipo de edificación	**Número de pisos**			
	1	**2**	**3**	**4**
Madera (W1, W1A, W2) Pórticos a Momento (S1, S3, C1, PC2A)	1.3	1.1	1.0	1.0
Muros a Cortante (S4, S5, C2, C3, PC1A, PC2, RM2, URMA)	1.4	1.2	1.1	1.0
Mampostería No Reforzada (URM) Diafragma Flexible (S1A, S2A, S5A, C2A, C3A, PC1 RM1)	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 7. Factor de modificación C [26]

Fuerzas a cortante de piso

La pseudo fuerza lateral, se deberá distribuir verticalmente de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

$$F_x = \frac{W_x\, h_x^k}{\sum_{x=j}^{n} w_i h_i^k} V \tag{4}$$

$$V_j = \sum_{x=j}^{n} F_x \tag{5}$$

[26] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

En donde:

Vj = Fuerza de cortante de piso en el nivel *j*
n = Número total de pisos sobre el suelo
j = Número de nivel de piso en consideración
W = Peso sísmico total según la Sección
V = Pseudo fuerza lateral
wi = Porción de peso total de la edificación *W* localizado a nivel de piso *i*
wx = Porción de peso total de la edificación *W* Localizado a nivel de piso *x*
hi = Altura (m) desde la base hasta el nivel de piso *i*
hx = Altura (m) desde la base hasta el nivel de piso *x*
k = 1,0 para T = 0,5 segundos
= 2,0 para T > 2,5 segundos; se debe utilizar interpolación lineal para los valores intermedios de k

Para las edificaciones con diafragmas flexibles (Tipos SIA, S2A, S5A, C2A, C3A, PC1, RM1, URM), se calculará por separado el cortante del piso para cada línea de resistencia lateral.

Aceleración espectral.

En este aspecto se debe tomar en consideración que lo que define la ASCE son parámetros para los Estados Unidos, por lo tanto no es aplicable a Colombia y por tanto se hace una correlación entre lo exigido por dicha norma y el reglamento NSR-10 Colombiana.

Al respecto, la ASCE trabaja con un sismo de 2% de probabilidad de excedencia en 50 años (2500 años de periodo de retorno) mientras que el reglamento NSR-10 trabaja con uno del 10% en 50 años (475 años de periodo de retorno). Sin embargo ASCE 31-03 aclara que se puede usar el sismo del 10% en 50 años porque la mayoría de códigos usan ese valor, y por lo tanto es aplicable lo establecido en NSR-10 para la adaptación de esta normativa.

Para el caso de Bogotá, esta información se puede sustraer del estudio de microzonificación sísmica de presente en el decreto 523 de 2010 del distrito de Bogotá[27] "por el cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.", acorde al reglamento NSR-10.

Se presenta a continuación el espectro de pseudo-aceleraciones para un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5%, que da el decreto de microzonificación.

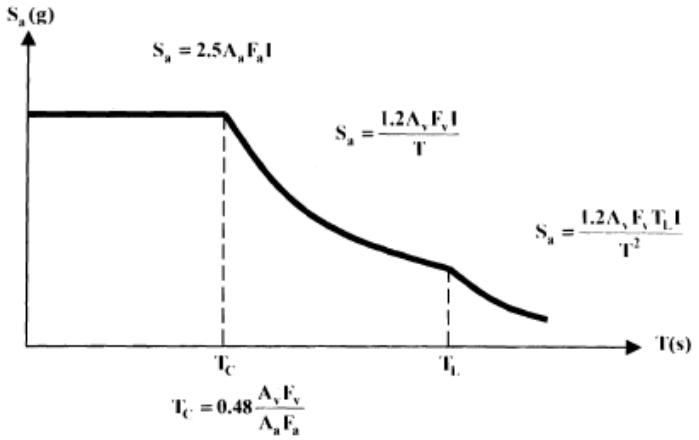


Ilustración 7. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico. [28]

Aa = Aceleración horizontal pico efectiva de diseño.

Av = Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño.

Ao = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (g).

Fa = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.

Fv = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

I = Coeficiente de importancia.

Sa= Aceleración espectral (g).

T = Periodo de vibración (s).

[27] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Decreto 523 de 2010: Por el cual se adopta la microzonificación de la ciudad de Bogotá D.C.

[28] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Decreto 523 de 2010: Por el cual se adopta la microzonificación de la ciudad de Bogotá D.C.

Tc = Periodo corto (s).

TL = Periodo largo (s).

Periodo.

Al igual que sucede con la aceleración espectral, se tomará en este punto las condiciones dadas en NSR-10.

En este caso se tomará la alternativa del reglamento NSR-10 donde el valor del periodo T se puede aproximar al periodo aproximado Ta. Con la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t h^{\propto} \quad (6)$$

Valor de los parámetros Ct y α para el cálculo del período aproximado Ta		
Sistema estructural de resistencia sísmica	**Ct**	**α**
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75

Tabla 8.Valor de los parámetros Ct y α para el cálculo del periodo aproximado Ta. [29]

Se tomará como referencia el procedimiento de evaluación de la Fase 2 para los elementos no estructurales que ese expone brevemente a continuación.

[29] Asociación colombiana de ingenieros sísmicos AIS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Ministerio del interior. 2010

Comprobaciones rápidas de resistencia y rigidez.

Esfuerzo Cortante en Muros a cortante

Los esfuerzos cortantes promedio en los muros, v_i^{avg}, será calculada de acuerdo con:

$$v_j^{avg} = \frac{1}{m}\left(\frac{V_j}{A_w}\right) \quad (7)$$

En donde:

V_j = Cortante de piso en el nivel j.

A_w= Suma del área de sección transversal horizontal de todos los muros a cortante en dirección de la carga.

Se tendrán en cuenta las aberturas al computar A_w. Para muros de mampostería, se utilizará el área neta. Para los muros de pórticos de madera, se utilizará la longitud en lugar del área.

m = Factor de modificación de elemento; *m* será obtenido de la Tabla:

Factores-m para Muros a Cortante

Tipo de Muro	Nivel de Desempeño	
	LS	IO
Concreto Reforzado, Concreto Prefabricado, Madera, y Mampostería Reforzada	**4.0**	**2.0**
Mampostería No Reforzada	**1.5**	N/A

Tabla 9. Factores m para muros a cortante. [30]

Fuerzas de Conexión del Diafragma Flexible

Las fuerzas sísmicas horizontales asociadas con la conexión de un diafragma flexible a cualquier muro de concreto o mampostería, T*c*, serán calculadas de acuerdo con la Ecuación:

[30] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

$$Tc = \psi\, S_{Ds} W_p A_p \qquad (8)$$

En donde:

w_p = Peso unitario del muro

A_p = Área del muro tributaria a la conexión

ψ = 0,9 para la Preservación de la Vida y 1,4 para Ocupación Inmediata

S_{DS}=Se tomará el valor de S_a calculado con los parámetros del reglamento NSR-10.

Desplazamientos de la estructura (Deriva)

Para esta comprobación (no contemplada en la ASCE 31-03) se plantea un modelo conservador donde se considera que no hay acople vertical entre los muros y por tanto se modela la rigidez lateral del muro como:

$$k = \frac{Ee}{3\left(\frac{h}{L}\right) + 4\left(\frac{h}{L}\right)^3} \qquad (9)$$

Dónde:

E= Módulo de elasticidad,

e= Espesor efectivo del muro.

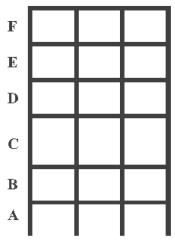
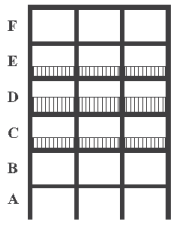
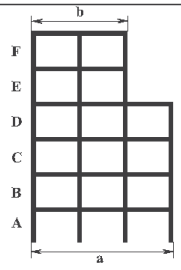
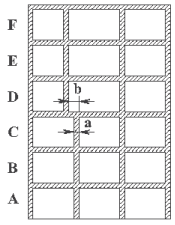
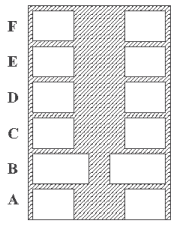
h= Altura del muro.

L= Longitud del muro.

Chequeo de irregularidades.

Además de las comprobaciones relacionadas en la norma ASCE se planteó un chequeo de irregularidades según los criterios del capítulo A.3 del reglamento NSR-10 para complementar el estudio realizado.

Para esto, se seguirán los parámetros de la figura A.3-2 del reglamento NSR-10 para irregularidades en altura.

Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ 0.60 Rigidez $K_D \leq$ Rigidez $K_C < 0.70$ Rigidez K_D o $0.70\ (K_D+K_E+K_F)\ /3 \leq$ Rigidez $K_C < 0.80\ (K_D+K_E+K_F)\ /3$	
Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ Rigidez $K_C < 0.60$ Rigidez K_D o Rigidez $K_C < 0.70\ (K_D+K_E+K_F)\ /3$	
Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$ $m_D > 1.50\ m_E$ o $m_D > 1.50\ m_C$	
Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$ $a > 1.30\ b$	
Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$ $b > a$	
Tipo 5aA — Piso débil $\phi_a = 0.9$ 0.65 Resist. Piso C $\leq$ Resist. Piso B < 0.80 Resist. Piso C	
Tipo 5bA — Piso débil extremo $\phi_a = 0.8$ Resistencia Piso B < 0.65 Resistencia Piso C	

Irregularidades en la altura

Ilustración 8. Irregularidades en altura (Fig. A.3-2 NSR-10)

- ***Listas de verificación de nivel 1***

Se relacionan en el anexo 10 las listas de verificación pertinentes al proyecto en curso (Mampostería no reforzada con diafragmas flexibles)[31]

5.2.3.3 Análisis de nivel 2

Antes de llevar a cabo la evaluación de nivel 2, se deberá completar la evaluación de nivel 1, cada punto de las listas de verificación tiene su respectiva referente en los métodos de nivel 2, para profundizar en la evaluación de las deficiencias.
El análisis de nivel 2 presenta 4 métodos:

- Método estático lineal (LSP)
- Método dinámico lineal (LDP)
- Método especial.
- Método para elementos no estructurales.

Todas las edificaciones se evaluarán mediante el método estático lineal o el dinámico lineal a excepción de las edificaciones de muros portantes de mampostería no reforzada (URM) que deberá hacerse con el método especial.

Método para elementos no estructurales

Las solicitaciones sísmicas en los elementos se calcularán de acuerdo a la ecuación.

$$F_p = 1.78\, a_p S_{DS} I_P W_P \left(\frac{1 + \frac{2x}{h}}{R_p} \right) \qquad (10)$$

Y tendrá los siguientes límites:

$$Superior: \quad F_p = 7.12\, S_{DS} I_P W_P \qquad (11)$$

$$Inferior: \quad F_p = 1.33\, S_{DS} I_P W_P \qquad (12)$$

[31] Para consultar las demás listas de verificación, remitirse a la norma ASCE/SEI 31-03.

Dónde:

Fp = Fuerza sísmica de diseño actuando en el centro de gravedad del elemento y con distribución relativa a la masa del elemento.

S_{DS} = Diseño espectral de aceleración para periodo corto

a_p = Factor de amplificación del elemento.

W_p = Peso del elemento efectivo.

R_p = Factor de modificación de respuesta del elemento, que varía desde 1.0 hasta 6.0.

x = Altura de la estructura en el punto de unión del componente. Para los artículos en o por debajo de la base, x será tomado como 0. Para los artículos en o por encima del techo, x no está obligada a tomar como mayor que el techo de altura h. Para los elementos adjuntos en múltiples lugares, x se tomará como el promedio de la altura de inserción.

h = Altura promedio del techo de la estructura con respecto a la horizontal.

I_p = Factor de desempeño del elemento tomado como 1.0 para el Nivel de Desempeño de Preservación de la Vida y 1.5 para el Nivel de Desempeño de su Ocupación Inmediata.

Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación que da este documento están determinados por la ecuación

$$Q_{cN} = F_p \tag{13}$$

Dónde:

Fp = Demanda de los elementos no estructurales.

QCN = Resistencia nominal del elemento calculado.

Procedimientos para cada uno de los elementos no estructurales

La ASCE/SEI 31-03 provee unos procedimientos para cada uno de los elementos no estructurales, que se han organizado en la matriz, presentada en el anexo 10.

5.2.3.4 Análisis de nivel 3

Este nivel de revisión se aplica, en el caso de elementos no estructurales, a edificaciones que se requieren para ocupación inmediata en lugares de sismicidad alta. En el caso de las revisiones adicionales que se puedan realizar usando el nivel 3 de verificación, se pueden usar los resultados de esta revisión cómo un indicador del daño real a una edificación luego del terremoto.

El análisis de nivel 3 también se explica cómo análisis complementario o detallado. Su realización no depende únicamente de la tabla 20, sino del criterio del ingeniero que realiza la revisión, dado que las fases 1 y 2 de revisión pueden arrojar datos aceptables que luego se demuestran cómo inaceptable para la fase 3 debido a la evaluación sísmica o de hecho suceder el caso contrario.
Según la ASCE/SEI 31-03, la revisión de nivel 3 se debe realizar en algunos casos puntuales, saltando incluso el protocolo de la tabla 20, que son los siguientes:

- El periodo fundamental del edificio, T, es mayor que o igual a 3,5 veces S_{D1}/S_{DS}.
- La relación de la dimensión horizontal en cualquier piso a la dimensión correspondiente a un piso adyacente excede 1.4 (excluidos penthouses y mezanines).
- El edificio tiene una irregularidad de rigidez torsional en cualquier piso. Existe irregularidad a la rigidez torsional en un piso si el diafragma por encima del piso en consideración no es flexible y los resultados del análisis indican que la deriva a lo largo de cualquier lado de la estructura es más de 150 % de la deriva de piso media.

- El edificio tiene irregularidad vertical en masa o rigidez. Existe irregularidad vertical en masa o rigidez cuando la deriva media en cualquier piso (excepto penthouses) excede al piso encima o por debajo en más de un 150%.
- El edificio cuenta con un sistema de resistencia a fuerzas laterales no ortogonales.

La fase 3 no provee criterios reales de aceptación o rechazo de los elementos evaluados, sino que propone valoraciones respecto a la fuerza sísmica y deriva calculadas para la estructura basadas en las resistencias obtenidas de ensayos reales a los materiales, por lo que la realización de este nivel de inspección tiene inmersa la realización de ciertos ensayos en campo y laboratorio.

5.2.4 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS: NSR-10 vs ASCE/SEI 31-03

Como lo menciona el ingeniero Paulo Marcelo López[32], el reglamento NSR-10 es un documento que está principalmente enfocado a edificaciones nuevas, a pesar de contener el capítulo A.10 “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”, y por esta razón la normativa nacional permite y recomienda usar metodologías alternas como la que atañe a este documento ASCE/SEI 31-03 y la ASCE/SEI 41-06.

En este sentido es conveniente examinar lo que se establece en el reglamento NSR-10 contra lo que presenta la metodología ASCE/SEI 31-03, con este fin se presenta la siguiente matriz desarrollada con apartes de las dos normativas referenciadas.

[32] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 “evaluación sísmica de edificaciones existentes”. Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

ASPECTO	Capítulo A.10 NSR-10*	ASCE/SEI 31-03[33]	Comentario
Propósito	Establecer los procedimientos para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de las edificaciones existentes.	Dar una guía a los diseñadores estructurales que efectúan la evaluación para determinar si el edificio está adecuadamente diseñado y construido para resistir las fuerzas sísmicas.	El reglamento NSR-10 da los procedimientos de evaluación pero NO guía al diseñador estructural hacia un proceso estructurado de evaluación específico, además de esto se tienen primacía al sistema estructural y deja de lado los elementos no estructurales que como se ha evidenciado en este documento son grandes causantes de víctimas mortales o heridos graves.
Procedencia	Evolución del FEMA 310 (1998) "Manual para la evaluación sísmica de edificaciones" para que fuera compatible con el FEMA 356 (2000/2003) "Rehabilitación sísmica de edificaciones existentes"	Adaptación del documento ATC-63 (Applied Technology Council), y NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program)	

[33] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 “evaluación sísmica de edificaciones existentes”. Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

Filosofía	Basada en el diseño por desempeño (Operacional, ocupación inmediata, preservación de la vida y prevención del colapso), con esquemas de evaluación apropiados para determinar el dimensionamiento y detalle de los componentes estructurales y no estructurales para que en unos movimientos sísmicos se den niveles de fiabilidad en los diseños.	Una edificación que se intervenga con estos requisitos de la norma debe resistir sismos a un nivel de daño según el grupo de uso. Sin colapso de los elementos no estructurales y sin daño a los elementos estructurales.	Los niveles de desempeño de la ASCE se pueden ver inmersos en los criterios de grupo de uso del reglamento NSR-10 y sus coeficientes de importancia respectivos.
Sismo de diseño	El sismo de diseño del reglamento NSR-10 se establece para uno con una probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años (periodo de retorno de 475 años), y permite uno de probabilidad 20% en 50 años para edificaciones con seguridad limitada	Se trabaja con un sismo con una probabilidad de ocurrencia del 2% en 50 años (periodo de retorno de 2500 años), pero permite que se trabaje con el sismo de probabilidad de 10% en 50 años ya que varios códigos trabajan con ella.	La ASCE es más conservadora a la hora de usar un sismo de tal magnitud 2% en comparación a la del 10%
Sistema estructural/Tipologías de edificación	El reglamento NSR-10 contempla 4 sistemas estructurales en los que deben clasificarse todas las edificaciones: sistema de muros de carga,	La ASCE 31-03 cuenta con 15 tipologías de estructuras de materiales de madera, acero estructural, concreto armado y mampostería.	Aunque la tabla A.3-1, del reglamento NSR-10 desglosa 4 sistemas estructurales en unos más específicos, no dan características cualitativas

	sistema combinado, sistema de pórticos, y sistema dual		como las descritas en la tabla 2-2 de la ASCE/SEI 31-03
Metodología	Se presenta un procedimiento general para el desarrollo del proyecto en las siguiente clasificación por etapas:	La metodología presenta 3 fases de evaluación con complejidad y rigurosidad progresiva en cada una de sus etapas	Estos procedimientos se diferencian básicamente en que el del reglamento NSR-10 es de carácter general, mientras que el de la ASCE es progresiva según lo que se encuentre en cada una de las fases de evaluación.
	• **Información preliminar:**	**FASE 1: Inspección (Evaluación simplificada)**	
	○ Etapa 1: Verificación de que la intervención esté dentro del alcance del reglamento: Reparaciones y cambios menores, cambios de uso, vulnerabilidad sísmica, modificaciones, reforzamiento estructural, y rehabilitación de estructuras dañadas por sismo.	**Información preliminar** Recopilación de la información de la edificación: En esta etapa se buscan datos (diseño geotécnico, estructural, sistema constructivo, y exploraciones de sitio). Al respecto puede suceder que no se encuentre información fiable, y por tanto la norma permite establecer la evaluación con unos valore de resistencia por defecto para los materiales	El reglamento NSR-10 no proporciona valores por defecto y el diseñador estructural debe establecerlos implícitamente conforme a las indicaciones de su experiencia y al tipo de evaluación que se está evaluando. Los valores que da la ASCE resultan un poco conservadores al respecto.

	○ Etapa 2: Recopilación de información existente (diseño geotécnico y estructural, sistema constructivo), y exploraciones de sitio	Visita de sitio: En esta visita se debe verificar los datos existentes en sitio y recoger datos adicionales, la ASCE proporciona una lista de datos relevantes que deben obtenerse	El reglamento NSR-10 no da parámetros o menciona datos relevantes que deban ser recogidos durante la visita de sitio, todo esto queda al juicio del diseñador estructural
	○ Etapa 3: Calificación de la estructura de manera cualitativa (calidad del diseño y su construcción, y estado de la estructura actual)	Se debe realizar una descripción general de la estructura en función de lo encontrado en la visita de sitio y los datos previos recolectados	Los niveles de desempeño de la ASCE se pueden ver inmersos en los criterios de grupo de uso del reglamento NSR-10 y sus coeficientes de importancia respectivos que tiene como objeto amplificar la pseudo aceleración espectral Sa
	• **Evaluación de la estructura existente:**	Definición del nivel de desempeño: El nivel de desempeño que trabaja ASCE/SEI 31-03 aplica para los niveles de ocupación inmediata y preservación de la vida.	El reglamento NSR-10 presenta análogamente las zonas de amenaza sísmica (baja, intermedia y alta)
	○ Etapa 4: Establecer una equivalencia entre las solicitaciones que está en capacidad de resistir la actual estructura y las que se exigen en el reglamento.	Definición del nivel de sismicidad: esta definición está en función la pseudo aceleración espectral: Bajo, moderado y alto	

	○ Etapa 5: Análisis elástico de la estructura y de la cimentación.	Definición de la tipología de la edificación: La ASCE 31-03 cuenta con 15 tipologías de estructuras de materiales de madera, acero estructural, concreto armado y mampostería.	
	○ Etapa 6: Determinación de la resistencia de la estructura existente.	La ASCE 31-03 presenta la tabla 3-1 donde expone algunas edificaciones construidas bajo unos códigos de referencia, que la exime de realizar la evaluación sísmica si se encuentra clasificada allí	
	○ Etapa 7: Obtención de la resistencia efectiva de la estructura.	De acuerdo al nivel de desempeño y el nivel de sismicidad se procede a elegir las listas de verificación que deben ser completadas (ver tabla 3-2 de la ASCE 31-03)	
	○ Etapa 8: Determinación del índice de sobre esfuerzo.	Para completar la lista se deben definir los parámetros sísmicos correspondientes, el cortante en la base, el cortante de piso, las derivas, y en función de esto se debe realizar las comprobaciones rápidas que se pidan en la lista.	

	○ Etapa 9: Obtención de las derivas.	Se debe realizar un resumen de deficiencias según lo encontrado en las listas de verificación, y determinar en que puntos es necesario seguir a una evaluación de nivel 2	
	○ Etapa 10: Obtención del índice de flexibilidad por efectos horizontales y verticales.	**FASE 2: Evaluación intermedia**	
	• **Intervención del sistema estructural.**	A partir de los resultados de la fase 1, se determinan los elementos que deben ser evaluados	
	○ Etapa 11: Definición del tipo de intervención: ampliaciones adosadas, ampliaciones en altura, actualización al reglamento.	Se debe realizar el análisis bajo alguno de los siguientes métodos: Método estático lineal, método dinámico lineal, método especial para URM y métodos para elementos no estructurales.	A este aspecto el reglamento NSR-10 sólo permite el análisis por el método de la fuerza horizontal equivalente, y bajo ciertas condiciones el método dinámico elástico.
	○ Etapa 12: Análisis de la estructura de acuerdo a la intervención propuesta.	Método estático lineal se aplica de la siguiente manera: (a) Desarrollo de un modelo matemático de la edificación, (b) Calcular la pseudo fuerza lateral, (c) Calcular las fuerzas laterales que van a ser distribuidas, (d) Calcular las fuerzas de la edificación o del elemento y los desplazamientos de	El método de la fuerza Horizontal equivalente y el método del análisis dinámico elástico, se describen en el capítulo A.3 del reglamento NSR-10

		análisis lineal y elásticos (e) Si se requiere calcular las fuerzas del diafragma, (f) Comparar los elementos de acción con los criterios de aceptación.	
		Método dinámico lineal se aplica de la siguiente forma: (a) Desarrollo de un modelo matemático, (b) Desarrollo de un espectro de respuesta para el sitio, (c) aplicar un análisis de respuesta espectral a la edificación, (d) Modificar las acciones y deformaciones, (e) calcular las fuerzas de diafragma, (f) Calcular las acciones de los elementos.	
		El método especial para URM, se hace cuando: (a) Hay diafragmas flexibles a todos los niveles por encima de la base de la estructura, (b) Hay un mínimo de dos líneas de muros en cada dirección principal, (c) hay un máximo de seis pisos sobre la base de la estructura	

		El método para elementos no estructurales determina (a) Las demandas de los elementos no estructurales (fuerzas y desplazamientos), (b) la resistencia en los elementos no estructurales, y (c) los criterios de aceptación.	
		Con los criterios de análisis, se deben completar la verificación de nivel 2 según las deficiencias establecidas en nivel 1.	
		FASE 3: Evaluación detallada	
		Esta fase se completará para edificios que requieran un nivel de investigación mayor a fase 1 y 2 para los elementos allí encontrados como deficientes.	
		La fase 3 se lleva a cabo dentro de dos procedimientos: (a) Disposición para el diseño de la rehabilitación sísmica, y (b) disposiciones para el diseño de nuevos edificios.	

Tabla 10. Comparación entre NSR-10 y ASCE/SEI 31-03

6 EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN ASCE/SEI 31-03

6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN.

Se va a realizar la evaluación sísmica de elementos no estructurales mediante los métodos descritos en la norma ASCE/SCI 31-03 con algunas comprobaciones del reglamento NSR-10 a la edificación localizada en la Calle 15 No 9-64, localidad 3: Santa Fe, UPZ 93: Las nieves, Sector 8: Las nieves, de la ciudad de Bogotá D.C.

- Esta edificación es de uso mixto (comercial y residencial).
- Fue construida a inicios del siglo XX.
- No fue posible encontrar los planos de la edificación.
- Cuenta con una superficie aproximada de 654 m^2.
- El sistema estructural está conformado por muros de mampostería no reforzada.
- El levantamiento del lugar se muestra en los planos del anexo 2.
- Los muros de mampostería no reforzada se encuentran en el perímetro del edificio y como divisiones, en ambos niveles. Los muros son de ladrillo no reforzado, se encuentran 3 tipos de muro:
    1. Mampostería de ladrillo tolete macizo con espesor de 30 cm en aparejo inglés.
    2. Mampostería de ladrillo tolete macizo con espesor de 45 cm en aparejo a sogas y tizones.
    3. Mampostería de ladrillo tolete macizo con espesor de 15 cm en aparejo a soga.

6.2 INVESTIGACIÓN PREVIA.

A continuación se presentan las características iniciales que se requieren durante la evaluación y que se realizaron previo a esta.

6.2.1 RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

La edificación correspondiente al caso de estudio no presenta documentación con relación a su diseño y construcción. Para realizar la evaluación de nivel 1 y 2, se establecerán a continuación los criterios base que determinen las condiciones iniciales en que probablemente se encuentre la estructura.

Se asumirá el valor por defecto establecido para la resistencia al cortante y a la compresión de mampostería:

- F´m= 7 MPa para la mampostería
- Vte= 0.07 MPa para unidades de mampostería de arcilla

Por otro lado se hará la evaluación hasta el nivel 2 ya que no es una edificación con nivel de sismicidad alto (amenaza sísmica alta). Y por lo tanto se harán recomendaciones para una evaluación en Fase 3 y alternativas de rehabilitación.
Por aspectos económicos y por tratarse de una investigación de carácter académico con el fin de aplicar la metodología propuesta, no fue posible realizar ningún tipo de ensayo ya que no se contó con la autorización del dueño, y por tanto la investigación de la cimentación tampoco pudo hacerse verazmente.

6.2.2 ASPECTOS GEOTÉCNICOS.

Informe geotécnico: Esta información se puede sustraer del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá presente en el decreto 523 de 2010 del distrito de Bogotá “por el cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá D.C”, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

ZONA	ESPESOR DEL DEPOSITO (m)	PERIODO FUNDAMENTAL DEL SUELO (seg)	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA GENERAL	VELOCIDAD ONDA PROMEDIO 50 m Vs (m/s)	HUMEDAD PROMEDIO 50 m Hn (%)	EFECTOS DE SITIO RELACIONADOS
Piedemonte B	< 50	0.3 – 0.6	Suelo coluvial y aluvial con espesor superior a 12m: Bloques, cantos y gravas con matriz arcillo-arenosas o areno-arcillosas	300 – 750	10 – 30	Topográfico, amplificación

Tabla 11. Características del suelo del sector.[34]

Al respecto se consultó con edificaciones relativamente cercanas que pudieran dar un indicio de la estructura de cimentación empleada. Para el caso se toma como referente el Museo de Arte Colonial ubicado en la Carrera 6 N° 9-77 de la ciudad de Bogotá, que fue objeto de reforzamiento estructural, y en entrevista con el Ingeniero Pedro Torrenegra se pudo tener una descripción de lo hallado:

La cimentación del edificio del museo de arte colonial consistía en una especie de concreto ciclópeo con piedras con tamaños entre 10 y 25 cm de diámetro. Estas piedras estaban unidas con una argamasa de cal ya la tecnología de su tiempo no daba para realizarla con cemento.

El ancho del cimento estaba en 2 m aproximadamente, la profundidad estimada de este cimiento estaba en los 0.70 m en los puntos donde se hizo un sondeo por parte del diseñador.

Además compartió la forma rehabilitación a la cimentación que puede dar algunos indicios de cómo debería atacarse en el caso de la casa objeto de este estudio.

[34] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Decreto 523 de 2010: Por el cual se adopta la microzonificación de la ciudad de Bogotá D.C.

La solución que se adoptó para este cimiento fue un recalce en concreto reforzado de 21 MPa adosado a la cimentación existente para darle mayor rigidez y poder anclar las platinas que reforzaban los muros del costado norte de la edificación existente. Para la zona sur y oriental, en la cual se hizo un reforzamiento con pórticos metálicos, se hicieron zapatas por debajo de la cimentación de piedra existente para sostener dichos pórticos metálicos.

6.2.3 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS.

- Datos de diseño y edificación:

Al carecer de datos certeros sobre el suelo de la estructura, se toman como elemento base los resultados de la microzonificación sísmica de Bogotá.

Ya que la norma ASCE pide determinar el espectro de pseudo-aceleraciones a partir de parámetros que dependen de estudios específicos para Estados Unidos, en este aspecto se deben tomar los lineamientos del decreto 523 de 2010 acorde al reglamento NSR-10.

- Coeficientes de diseño para suelo Piedemonte B:

ZONA	Fa	Fv	Tc (seg)	TL (seg)	A0 (g)
Piedemonte B	1.95	1.70	0.56	3.00	0.26

Tabla 12. Parámetros sísmicos.[35]

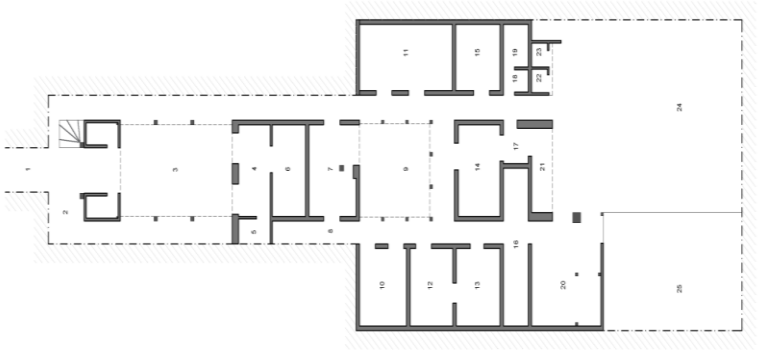
Siguiendo los parámetros descritos, en la sección 6.4.5 se determinó el espectro correspondiente que será usado para el posterior cálculo de las fuerzas sísmicas que serán impuestas a los elementos no estructurales y serán usados para las comprobaciones rápidas de nivel 1.

[35] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Decreto 523 de 2010: Por el cual se adopta la microzonificación de la ciudad de Bogotá D.C.

6.3 VISITA AL SITIO.

En el anexo 2 se podrá encontrar los planos de reconstrucción en planta de los dos niveles, y en el anexo 9 el registro fotográfico correspondiente.

Siguiendo los parámetros dados en la sección 5.2.3 sobre los criterios iniciales que se deben tener en cuenta para un análisis de edificación mediante la norma ASCE/SEI 31-03 se realizó una caracterización inicial del edificio con la información pertinente que diera la capacidad de iniciar la evaluación requerida.

<table>
<tr><th colspan="5">INFORMACIÓN PRELIMINAR DE LA EDIFICACIÓN</th></tr>
<tr><th>ITEM</th><th>DESCRIPCIÓN</th><th colspan="2">CONDICIÓN</th><th>OBSERVACIONES</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td>Número de pisos</td><td colspan="2">2</td><td></td></tr>
<tr><td>Años de construido</td><td colspan="2">110</td><td>No existen documentos que indiquen la fecha real de construcción. Por el sitio de localización, y que en general hay muy buenos registros sobre el desarrollo urbanístico se ubica alrededor de 1900, concordante con el estilo arquitectónico republicano predominante</td></tr>
<tr><td>Dimensiones (esquema de distribución)</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Estructura</td><td>X</td><td>NO</td><td>Se evidencia la existencia de una estructura, Sistema de pórticos de madera con uniones rígidas y divisiones en mampostería maciza (principalmente) no estructural</td></tr>
</table>

	Sistema de resistencia de fuerza lateral	SI	**X**	No se observan elementos dedicados a la resistencia de fuerzas horizontales como diagonales o rigidizadores. La fuerza horizontal es asumida básicamente por las vigas de techo y entrepiso
	Diafragma de piso	SI	**X**	No se observan vigas de diafragma para el piso (ni vigas de ningún tipo) para la conformación de un diafragma
	Diafragma de techo	SI	**X**	La disposición de las vigas en el techo no demuestra la conformación de un diafragma. Existen vigas en la cubierta que soportan las cargas horizontales pero no con continuidad alrededor de toda la estructura
	Sistema de cimientos	**X**	NO	Se asume por la descripción histórica de la construcción que la cimentación existe, es de tipo superficial a forma de vigas semi-enterradas de concreto ciclópeo cómo soporte bajo muros y columnas
3	Elementos no estructurales que afecten el desempeño sísmico	**X**	NO	La totalidad de los muros existentes son no estructurales y afectan de forma directa el comportamiento de la estructura (aunque funcionan como soporte de la placa de entrepiso y de la estructura de cubierta, es necesario revisar si esto los convierte en parte del sistema estructural) y las particiones y muros divisorios arriostrados o no, que afectan directamente las deformaciones de los pórticos de madera en un sismo
4	Condiciones de anclaje elementos no estructurales (generalmente)	aceptable		La mayoría de los elementos no estructurales están anclados a la estructura y se evidencia que se encuentran en buen estado de conservación. La estructura de cielo raso en cambio está en muy malas condiciones de anclaje en la mayoría del edificio
	Soportes de elementos no estructurales (generalmente)	SI	NO	
5	Tipo de edificación	URM		*Estas edificaciones tienen muros portantes perimetrales que constan de ladrillo de arcilla no*

				reforzada, piedra o mampostería de concreto. Los muros portantes interiores de soporte, cuando están presentes, también constan de ladrillo de arcilla no reforzada, piedra o mampostería de concreto. En la edificación más antigua, la estructura del piso y techo consiste en revestimiento de madera recto o diagonal apoyadas sobre viguetas de madera, las cuales, a su vez, se apoyan en parales y vigas. Los diafragmas son flexibles con respecto a los muros. Los cierres entre los muros y los diafragmas cuando existen se componen de anclajes o platinas de acero doblados embebidos de mortero en los nudos y conectadas a la estructura. La cimentación constan de zapatas corridas de ladrillo o concreto, o cimentaciones profundas[36]*.*
6	Uso de la edificación	Mixto		Uso combinado residencial y comercial (hostal y bodegas)
7	Acabados arquitectónicos (considerables)	**X**	NO	En este edificio coexisten varias tipologías arquitectónicas, desde marquesinas y venecianos de la época republicana, elementos estéticos adosados durante la vida del edificio y más recientemente, elementos modernos, y posmodernos generalmente asociados al uso comercial (ornamentos construidos en yeso, concreto ligero, paneles de dry-wall o madera).
	Características históricas evidenciables	**X**	NO	Existen evidencias de la ocurrencia de un incendio significativo que se corrobora en la entrevista con el propietario. Principalmente en el área del segundo patio interno. Debido a la antigüedad se sabe que ha soportado

[36] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

				al menos dos sismos importantes
8	Posible golpeo con edificaciones vecinas	SI	**X**	Los linderos de la edificación no están unidos a los edificios adyacentes. Es preocupante la existencia de un edificio de más de 6 pisos en el lindero occidental, debido a las posibles diferencias de derivas.
	Riesgo de falla edificaciones vecinas	SI	**X**	Lindero oriente: Edificio comercial de un piso construido recientemente (después de 1990), no se percibe riesgo de falla. Lindero occidente: edificio institucional de más de 6 pisos, posiblemente de la década del 60, no se percibe riesgo de falla. Lindero norte: Edificio residencial de 2 pisos con estilo similar al de estudio, cabe anotar que este lindero solo consiste en un muro de mampostería, puesto que ambas viviendas cuentan con un patio grande a lo largo de este lindero
9	**Evidencias de daño**			
	Pudrición por hongos	**X**	NO	Principalmente moho en la estructura de madera y en las estructuras de cielo raso de entrepiso y de cubierta (sometidos a bastante humedad)
	Fuego	**X**	NO	Como se mencionó, se sabe de la ocurrencia de un incendio al menos hace 40 años. Esto es evidente en secciones carbonizadas de vigas de madera y cielo rasos, incluso en elementos de mampostería. Es muy posible que esto haya afectado el desempeño de los elementos estructurales
	Insectos (que afecten los materiales)	SI	**X**	No se observó la existencia de insectos. Es muy probable que durante la vida del edificio, la estructura de madera haya sufrido ataque de termitas, aunque esto no es evidente
	corrosión de elementos metálicos	**X**	NO	En algunos elementos metálicos como barandas o marcos de ventanas (generalmente aquellos expuestos a

				intemperie) se observa corrosión, aunque las manchas son pequeñas o aisladas y no constituyen un riesgo grave para su desempeño
	Agua (infiltraciones o acumulaciones)	**X**	NO	En los cielo rasos de la cubierta es muy evidente el daño causado por las infiltraciones de agua, con aparición de vegetación y hundimientos bastante críticos, manchas en las paredes y pudrición de la estructura de madera
	Productos químicos	SI	**X**	No se observaron daños debidos a productos químicos
	Asentamientos evidentes	SI	**X**	No se observaron asentamientos significativos que pudieran afectar la estructura
	Sismos registrados	**X**	NO	También se mencionó antes, debido a que se sitúa la construcción del edificio alrededor de 1900, es posible que la edificación haya vivido dos sismos significativos. Uno en 1966 y otro en 1917 por encima de los 7 grados
	Vientos fuertes	SI	**X**	No está sometido a vientos lo suficientemente fuertes para afectar la edificación.
	Otros daños evidentes	Ataque civil		Se sabe por entrevista con el propietario que durante los eventos del Bogotazo (1949), la fachada sufrió ataques con piedras y picas, por lo que fue necesario reemplazarla
	Reparaciones a gran escala	**X**	NO	La cubierta fue reemplazada o reparada casi en su totalidad: se cambiaron las tejas de barro de estilo español por tejas de zinc y plástico traslúcido y se demolió le estructura de cubierta restante. Otra reparación importante tiene que ver con las adecuaciones hechas debido al incendio, que consistió en la construcción de machones en mampostería conexos a las columnas más afectadas. La reparación de la fachada, que eventualmente fue totalmente sustituida.

	Modificaciones que afecten el desempeño sísmico	SI	**X**	Aunque existen modificaciones importantes, estas no afectan de manera directa el desempeño de la estructura (que se mantiene casi intacta en su mayoría) y es muy probable que su desempeño sea muy similar al que tenía cuando fue construido.

Tabla 13. Resumen de la visita de sitio.

6.4 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA EDIFICACIÓN.

6.4.1 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO.

Teniendo en cuenta las características del uso de la edificación, se clasifica como no esencial, es decir no es un lugar que deba permanecer con daños mínimos luego de la acción del sismo, es decir que sólo se debe velar por la integridad humana y por tanto se elige un nivel de desempeño ***Preservación de la vida (LS).***

6.4.2 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE SISMICIDAD.

De acuerdo a la acepción tomada en la sección 5.2.3.1. Se determina un nivel de sismicidad ***Moderado***.

6.4.3 DEFINICIÓN DEL TIPO DE EDIFICACIÓN (SISTEMA ESTRUCTURAL).

Se presenta la descripción del sistema estructural de la edificación clasificado según los parámetros de la norma ASCE/SEI 31-03 en su tabla 2-2: *Tipos de edificaciones comunes*, según la cual la edificación se ajusta a la siguiente descripción:

MUROS PORTANTES DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA (CON DIAFRAGMAS FLEXIBLES)

Estas edificaciones tienen muros portantes perimetrales que constan de ladrillo de arcilla no reforzada, piedra o mampostería de concreto. Los muros portantes interiores de soporte, cuando están presentes, también constan de ladrillo de

arcilla no reforzada, piedra o mampostería de concreto. En la edificación más antigua, la estructura del piso y techo consiste en revestimiento de madera recto o diagonal apoyadas sobre viguetas de madera, las cuales, a su vez, se apoyan en parales y vigas. Los diafragmas son flexibles con respecto a los muros. Los cierres entre los muros y los diafragmas cuando existen se componen de anclajes o platinas de acero doblados embebidos de mortero en los nudos y conectadas a la estructura. La cimentación constan de zapatas corridas de ladrillo o concreto, o cimentaciones profundas[37]*.*

6.4.4 CÁLCULO DE CARGA MUERTA DE LA EDIFICACIÓN.

Se presenta el cálculo detallado de la carga muerta en la edificación tomada a partir del levantamiento constructivo realizado en campo:

CARGAS MUERTAS-TOTALES							
Ítem	**Categoría**	**Descripción y/o observaciones**	**Altura o Ancho**	**Longitud**	**Espesor**	**Peso específico (kN/m3)**	**Carga (kN)**
1.PLACA DE CONTRAPISO							
1.1	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.30	3.4	170.77	0.3	18.5	3222.43
1.2	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.45	3.4	8.43	0.45	18.5	238.61
1.3	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.15	3.4	27.29	0.15	18.5	257.48
1.4	Pañete	Revoque con mortero. e=0.02 para muros	3.4	341.92	0.02	22.5	523.14
1.5	Placa	Placa maciza de contrapiso en concreto. e=0.10	615.91		0.1	22.5	1385.80
1.6	Estructura	Columnas en madera 0.2x0.2	70.4	0.2	0.2	7.5	21.12
1.7	Estructura	Pañete para columnas de madera e=0.02	70.4	17.6	0.02	22.5	557.57

[37] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

1.8	Estructura	Puerta piso a techo madera	40.8	1.15	0.05	6	14.08
1.9	Estructura	Escalera	1.6	21.9	0.1	24	84.10
1.1	Estructura	Rampa frontal	1.35	11.23	0.1	24	36.39
1.11	Estructura	Rampa posterior	0.95	8.1	0.1	24	18.47
						SUBTOTAL	**6359.17**
2.PLACA DE ENTREPISO							
2.1	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.30	3.4	188.8	0.3	18.5	3562.66
2.2	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.15	3.4	8.35	0.15	18.5	78.78
2.3	Mampostería	Mampostería no reforzada. e= 0.45	3.4	2.2	0.45	18.5	62.27
2.4	Mampostería	Parapeto URM . e= 0.30	0.9	10.27	0.3	18.5	51.30
2.5	Pañete	Revoque con mortero. e=0.02 para muros	3.4	311.71	0.02	22.5	476.92
2.6	Placa	Listones en madera (20 x20 cm) para placa de entrepiso, distancia entre listones 0.60	0.2	735.34	0.2	7.5	220.60
2.7	Cielo raso	Sistema de suspensión en madera	367.67		0.1	1.5	55.15
2.8	Cielo raso	Revoque en yeso para cielo raso en madera. e=0.01	367.67		0.01	25	91.92
2.9	Estructura	Columnas en madera 0.2x0.2	57.6	0.2	0.2	7.5	17.28
2.10	Estructura	Pañete para columnas de madera e=0.02	57.6	14.4	0.02	22.5	373.25
2.11	Estructura	Puerta piso a techo madera	54.4	1.15	0.05	6	18.77
2.12	Pisos	Piso en baldosa cerámica institucional	101.83		0.032	25	81.46
2.13	Pisos	Acabado en concreto para pisos con estructura de guadua. e=0.10	265.84		0.1	24	638.02
2.14	Estructura	Panel de madera (Muro de escalar)	3.4	18.65	0.05	7.5	23.78
2.15	Instalaciones	Instalaciones técnicas	381.84		N/A	0.1	38.18
						SUBTOTAL	**5752.15**

3.CUBIERTA							
3.1	Cielo raso	Entramado metálico suspendido afinado en yeso	381.84		0.05	10.00	190.92
3.2	Cielo raso	Listones en madera (20 x20 cm) para cubierta en zinc, distancia entre listones 0.60	0.2	763.68	0.2	7.5	229.10
3.3	Teja	Tejado en zinc	481.1184		N/A	0.05	24.06
3.4	Teja	Teja termoacústica	82.4418		N/A	0.02	1.65
3.5	Estructura de cubierta	Estructura metálica para cubierta termoacústica	* Se toma un valor del 5% de la carga por cubierta en teja termoacústica				0.08
3.6	Instalaciones	Instalaciones técnicas	381.84		N/A	0.1	38.18
						SUBTOTAL	**445.81**
						TOTAL	**12557.13**

Tabla 14. Cálculo de la carga muerta.

6.4.5 CÁLCULO DE LA PSEUDO ACELERACIÓN ESPECTRAL.

Según lo descrito en la sección 5.2.3.1 se determina el espectro de pseudo-aceleración y los parámetros sísmicos de la edificación:

Parámetros de sísmicos	
Aa	0.15
Fa	1.95
Av	0.2
Fv	1.7
Ae	0.13
Ad	0.06
Tc	0.56
TL	3
A0	0.26
I	1

CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA	
$Ta = Ct * h^{\propto}$	0.307
Ct	0.073
H (m)	6.8
α	0.75

Tabla 15. Parámetros sísmicos y periodo de la estructura.

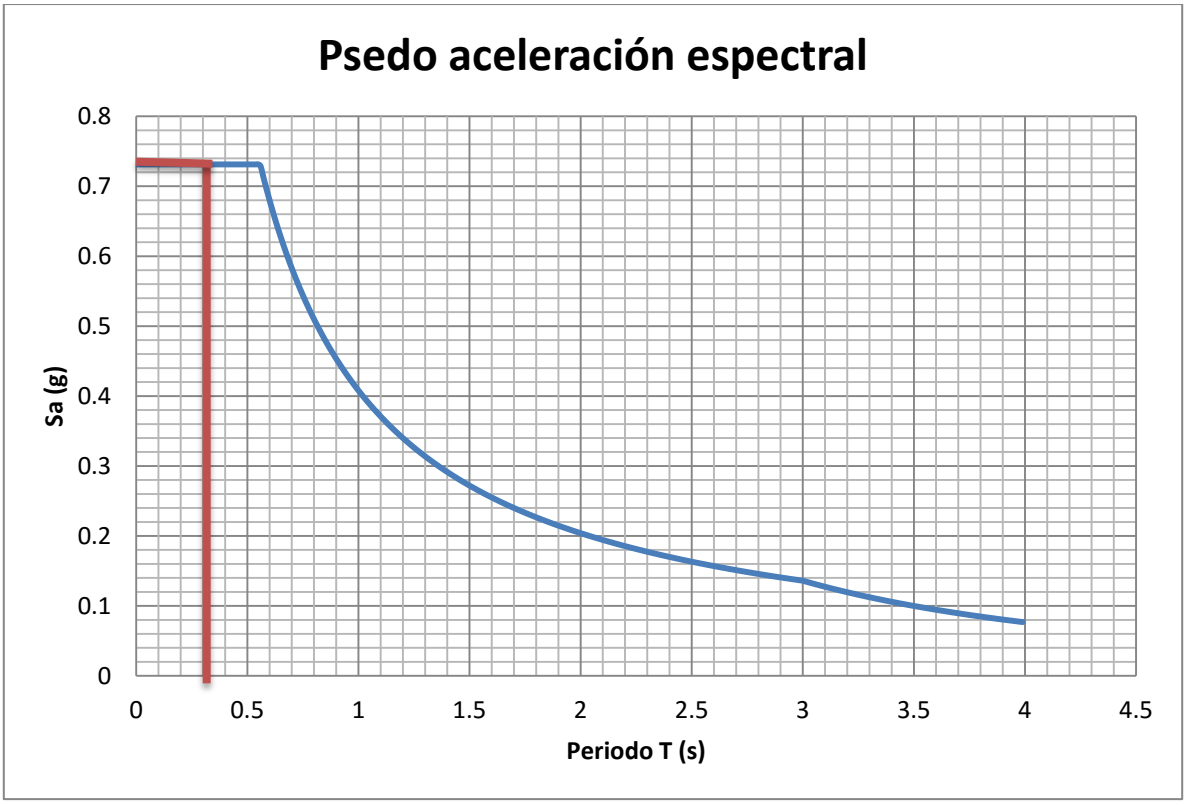


Ilustración 9. Espectro de pseudo aceleración.

ESPECTRO DE DISEÑO	
Parámetro	Valor
Sa	0.731
To	0
Tc	0.560
TL	3

Tabla 16. Parámetros de diseño

6.4.6 CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL Y CORTANTES DE PISO.

De la misma sección 5.2.3.1 se calculan las fuerzas cortantes tanto en la base cómo en los pisos de la edificación:

ANÁLISIS SÍSMICO Y DETERMINACIÓN DEL CORTANTE EN LA BASE

Aspecto	Símbolo	Valor
Perfil de Suelo del proyecto	-	C
Grupo de Uso	-	I
Coeficiente de Importancia	I	1
Aceleración Pico efectiva para diseño	Aa	0.15
Coeficiente Fa par periodos cortos	Fa	1.95
Coeficiente FV para periodos largos	Fv	1.70
Velocidad Pico efectiva para diseño	Av	0.2
Zona de Riesgo sísmico	-	Intermedia
Aceleración Pico efectiva por seguridad Limitada	Ae	0.13
Coeficiente Pico efectiva para umbral de daño	Ad	0.06
Capacidad Portante	kN/m²	-
Nivel de Fundación	m	-0.70 m

Tabla 17. Datos Análisis sísmico

DETERMINACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE EN LA BASE		
Vs	=	C*W*Sa
Vs=	Cortante en la base de la edificación (kN)	
W=	Peso del proyecto	
Sa=	Pseudo aceleración registrada para el periodo de la estructura	
C=	Factor de modificación C, Igual a 1 (Ver tabla 3-4 ASCE 31-03)	
CORTANTE ESTÁTICO CALCULADO		
	Peso (kN)	Vs (kN)
	12557	9182.40

Tabla 18. Determinación del cortante basal

Para el cortante de piso se usaron las ecuaciones (4) y (5) donde la constante K es 1.12, a partir del cálculo de la cortante basal, para la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Piso	w (kN)	h (m)	Vj (kN)
Cubierta	445,81	6,8	1320,26
2	5752,15	3,4	7862,14
1	6359,17	0	9182,40

Tabla 19. Cortantes de piso

6.4.7 COMPROBACIONES RÁPIDAS DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ.

- Esfuerzo cortante en muros a cortante:

A partir del uso de la ecuación (7), se obtuvo;

Cortante en muros		
	Piso 1	Piso 2
Aw en Y (m^2)	37.82	36.45
Aw en X (m^2)	21.30	22.43
Vj ^{avg} (y) (Mpa)	0.14	0.02
Vj ^{avg} (x) (Mpa)	0.25	0.04

Tabla 20. Cortante en muros.

Se encuentra una falencia en esta primera comprobación, ya que el cortante para los muros en sentido X, es mayor a 0.25 MPa y se debe anotar que no cumple según la lista de verificación básica estructural.

- Fuerzas de conexión del diafragma flexible:

Estas fuerzas de conexión Tc se calcularon de acuerdo a la ecuación (8):

Wp (kN/m2)	18.500
h piso 1	3.400
h piso 2	3.400
Peso específico (kN/m3)	18.500
ψ	0.900
Sa	0.731

PISO 1						
			Sentido x			
Eje	Longitud (m)	espesor (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Peso (kN)	Tc
1	6.25	0.30	1.88	6.38	117.94	77.62
2	2.70	0.15	0.41	1.38	25.47	16.77
3	2.70	0.15	0.41	1.38	25.47	16.77
4	3.40	0.45	1.53	5.20	96.24	63.34
5	4.95	0.15	0.74	2.52	46.70	30.74
6	4.90	0.30	1.47	5.00	92.46	60.85
7	11.15	0.30	3.35	11.37	210.40	138.47
7	0.70	0.45	0.32	1.07	19.81	13.04
8	4.13	0.30	1.24	4.21	77.93	51.29
9	10.61	0.30	3.18	10.82	200.21	131.76
10	12.35	0.30	3.71	12.60	233.04	153.37
11	8.07	0.30	2.42	8.23	152.28	100.22
12	4.43	0.15	0.66	2.26	41.80	27.51
			Sentido y			
Eje	Longitud (m)	espesor (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Peso (kN)	Tc
A	17.58	0.30	5.27	17.93	331.73	218.32
B	27.93	0.30	8.38	28.49	527.04	346.86
C	1.78	0.45	0.80	2.72	50.38	33.16
C	10.63	0.30	3.19	10.84	200.59	132.01
C	4.10	0.15	0.62	2.09	38.68	25.46
D	2.55	0.45	1.15	3.90	72.18	47.50
D	13.38	0.30	4.01	13.65	252.48	166.16
D	4.10	0.15	0.62	2.09	38.68	25.46
E	31.36	0.30	9.41	31.99	591.76	389.45
F	12.43	0.30	3.73	12.68	234.55	154.37
F	4.31	0.15	0.65	2.20	40.66	26.76

PISO 2						
			Sentido x			
Eje	Longitud (m)	espesor (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Peso (kN)	Tc
1	6.25	0.30	1.88	6.38	117.94	77.62
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4	2.20	0.45	0.99	3.37	62.27	40.98
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	14.15	0.30	4.25	14.43	267.01	175.73
8	11.17	0.30	3.35	11.39	210.78	138.72
9	15.45	0.30	4.64	15.76	291.54	191.87
10	13.15	0.30	3.95	13.41	248.14	163.31
11	10.63	0.30	3.19	10.84	200.59	132.01
12	1.35	0.15	0.20	0.69	12.74	8.38
			Sentido y			
Eje	Longitud (m)	espesor (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Peso (kN)	Tc
A	13.60	0.30	4.08	13.87	256.63	168.90
B	29.58	0.30	8.87	30.17	558.17	367.35
B	3.50	0.15	0.53	1.79	33.02	21.73
C	17.98	0.30	5.39	18.34	339.28	223.29
C	3.50	0.15	0.53	1.79	33.02	21.73
D	15.70	0.30	4.71	16.01	296.26	194.98
E	28.71	0.30	8.61	29.28	541.76	356.54
F	12.43	0.30	3.73	12.68	234.55	154.37

Tabla 21. Fuerzas de conexión del diafragma flexible

Aunque es claro que no existen pasadores para garantizar la conexión del diafragma, al momento de realizar la rehabilitación se deben considerar las fuerzas de conexión que se han calculado con este procedimiento.

- Desplazamientos de la estructura (Deriva)

Para esta comprobación se usa la ecuación (9) y se distribuye el cortante de piso en los muros correspondientes:

h piso 1	3.40	m
h piso 2	3.40	m
f'm	7.00	Mpa
E	5250000.00	kN/m2

Vpiso 1	9182.40	kN
Vpiso 2	7862.14	kN
Vcubierta	1320.26	kN

PISO 1

Sentido x

Eje	Longitud (m)	espesor (m)	K(kN/m)	%Participación	Vi (kN)
1	6.25	0.30	692016.67	8.54%	671.47
2	2.70	0.15	66934.81	0.83%	64.95
3	2.70	0.15	66934.81	0.83%	64.95
4	3.40	0.45	337500.00	4.17%	327.48
5	4.95	0.15	234596.10	2.90%	227.63
6	4.90	0.30	460802.99	5.69%	447.12
7	11.15	0.30	1531782.84	18.90%	1486.30
7	0.70	0.45	4995.48	0.06%	4.85
8	4.13	0.30	335000.25	4.13%	325.05
9	10.61	0.30	1441006.68	17.78%	1398.22
10	12.35	0.30	1731960.11	21.38%	1680.54
11	8.07	0.30	1007624.90	12.44%	977.71
12	4.43	0.15	191566.41	2.36%	185.88
		Σ	8102722.063	100.00%	7862.14

Desplazamiento piso 1 en X (m)	0.000970308
Deriva piso 1 en X (m)	0.000970308

PISO 1

Sentido y

Eje	Longitud (m)	espesor (m)	K(kN/m)	%Participación	Vi (kN)
A	17.58	0.30	2585608.74	14.83%	1166.16

B	27.93	0.30	4229158.62	24.26%	1907.43
C	1.78	0.45	70298.40	0.40%	31.71
C	10.63	0.30	1444376.94	8.29%	651.44
C	4.10	0.15	165132.10	0.95%	74.48
D	2.55	0.45	175240.38	1.01%	79.04
D	13.38	0.30	1902252.56	10.91%	857.95
D	4.10	0.15	165132.10	0.95%	74.48
E	31.36	0.30	4767631.18	27.35%	2150.29
F	12.43	0.30	1745234.49	10.01%	787.13
F	4.31	0.15	181860.46	1.04%	82.02
			Σ 17431925.96	100.00%	7862.14

Desplazamiento piso 1 en Y (m)	0.00045102
Deriva piso 1 en Y (m)	0.00045102

		% Deriva
Deriva piso 1 TOTAL (m)	0.00107001	0.031%

PISO 2

Sentido x

Eje	Longitud (m)	espesor (m)	K(kN/m)	%Participación	Vi (kN)
1	6.25	0.30	692016.67	6.96%	91.93
2				0.00%	0.00
3				0.00%	0.00
4	2.20	0.45	121770.81	1.23%	16.18
5				0.00%	0.00
6				0.00%	0.00
7	14.15	0.30	2028751.13	20.41%	269.51
8	11.17	0.30	1535136.26	15.45%	203.94

9	15.45	0.30	2240960.04	22.55%	297.70
10	13.15	0.30	1864338.15	18.76%	247.67
11	10.63	0.30	1444376.94	14.53%	191.88
12	1.35	0.15	11020.96	0.11%	1.46
		Σ	9938370.95	100.00%	1320.26

Deriva piso 2 en X (m)	0.000132845
Desplazamiento piso 2 en X (m)	0.001103153

PISO 2

Sentido y

Eje	Longitud (m)	espesor (m)	K(kN/m)	%Partcipación	Vi (kN)
A	13.60	0.30	1938461.54	10.95%	144.63
B	29.58	0.30	4488433.05	25.37%	334.90
B	3.50	0.15	119660.28	0.68%	8.93
C	17.98	0.30	2649978.12	14.98%	197.72
C	3.50	0.15	119660.28	0.68%	8.93
D	15.70	0.30	2281593.75	12.89%	170.24
E	28.71	0.30	4351785.52	24.59%	324.70
F	12.43	0.30	1745234.49	9.86%	130.22
		Σ	17694807.02	100.00%	1320.26

Deriva piso 2 en Y (m)	7.4613E-05
Desplazamiento piso 2 en Y (m)	0.000525633

		% Deriva
Deriva piso 2 TOTAL (m)	0.00015236	0.004%

Tabla 22. Cálculo de deriva de piso.

En concordancia con la tabla A.6.4-1 (Derivas máximas como porcentaje de hpi) del reglamento NSR-10 la deriva máxima permitida para este tipo de sistema estructural no debe ser mayor al 0.50% de la altura de piso, en este sentido se encuentra cumplimiento a razón del gran ancho de la mayoría de los muros dando mayor rigidez y por lo tanto disminuyendo los desplazamientos.

- Chequeo de irregularidades.

Según los criterios del capítulo A.3 del reglamento NSR-10 como se explicó previamente, se obtuvieron los siguientes resultados (se pueden consultar en el anexo 3: Modelos matemáticos, hoja: Irregularidades):
Junto al tipo de irregularidad muestra el resultado de la evaluación de la misma para cada uno de los sentidos evaluados: “Si” para cuando existe la irregularidad y “No” para cuando no existe la irregularidad.

Tipo 1aA-Piso Flexible	**No**	**No**
	Sentido X	Sentido Y
Kpiso 2 (kN/m)	9938370.95	17694807.02
Kpiso 1 (kN/m)	8102722.06	17431925.96

Tipo 1bA-Piso Flexible extremo	**No**	**No**
	Sentido X	Sentido Y
Kpiso 2 (kN/m)	9938370.95	17694807.02
Kpiso 1 (kN/m)	8102722.06	17431925.96

Tipo 2a-Distribución de masa	**No**
m piso 2 (ton)	575.21
m piso 1 (ton)	635.92

Tipo 3A-Geométrica

No hay retrocesos en altura

Tipo 4A-Desplazamiento dentro del plano de acción No hay desplazamientos dentro del plano de acción

Tipo 5aA-Piso débil	**No**	**No**
	Sentido X	Sentido Y
Resistencia piso 2 (Mpa)	0.04	0.02
Resistencia piso 1 (Mpa)	0.25	0.14

Tipo 5bA-Piso débil extremo	**No**	**No**
	Sentido X	Sentido Y
Resistencia piso 2 (Mpa)	0.04	0.02
Resistencia piso 1 (Mpa)	0.25	0.14

Tabla 23. Verificación de irregularidades en altura.

En este caso se encuentra que debido al diseño arquitectónico a partir de claustros y la continuidad de la mayoría de los muros, no existen irregularidades en altura.

VERIFICACIÓN DE LONGITUD DE MUROS MÍNIMA.

Esta verificación se hace de acuerdo a los parámetros establecidos en el título E del reglamento NSR-10, donde se hace la revisión de longitud de muros mínima en cada sentido y la verificación de simetría.

Zona de amenaza sísmica	Valor de Aa	Valor Mo
Intermedia	0.15	13

A entrepiso (m^2)	654
A segundo piso (m^2)	654

Criterio	Mo	e muro (mm)	Ap (m^2)	L mín. muros (m)
Piso 1 (e=15cm)	13	300	1090	47.2
Piso 2 (e=15cm)	13	300	436	18.9

PISO 1 SENTIDO X

Ubicación muros (Eje)	L muro (m)	espesor (mm)	Lequivalente (m)	*b (m)	L*b
1	6.25	300.00	6.25	0	0.00
2	2.70	150.00	1.35	2.8	7.56
3	2.70	150.00	1.35	5.25	14.18
4	3.40	450.00	5.10	13.65	46.41
5	4.95	150.00	2.48	16.25	80.44
6	4.90	300.00	4.90	18.85	92.37
7	11.15	300.00	11.15	22.53	251.21
7	0.70	450.00	1.05	22.53	15.77
8	4.13	450.00	6.20	26.16	108.04
9	10.61	300.00	10.61	29.64	314.48
10	12.35	300.00	12.35	32.92	406.56
11	8.07	300.00	8.07	34.97	282.21
12	4.43	150.00	2.22	40.19	178.04
Σ	76.34		73.07	Σ	1797.26

B	16.85

Chequeo simetría X	
0.897	No Cumple

e muro (m)	300
Lmuro X (m)	73.07
L mín (m)	47.2
Chequeo	Cumple

PISO 1 SENTIDO Y

Ubicación muros (Eje)	L muro (m)	espesor (mm)	Lequivalente (m)	b (m)	L*b
A	17.58	300.00	17.58	0	0.00
B	27.93	300.00	27.93	4.41	123.17
C	1.78	450.00	2.67	5.91	10.52
C	10.63	300.00	10.63	5.91	62.82
C	4.10	150.00	2.05	5.91	24.23
D	2.55	450.00	3.83	11.11	28.33
D	13.38	300.00	13.38	11.11	148.65
D	4.10	150.00	2.05	11.11	45.55
E	31.36	300.00	31.36	12.76	400.15
F	12.43	300.00	12.43	16.58	206.09
F	4.31	150.00	2.16	16.58	71.46

Chequeo simetría Y	
0.301	No Cumple

e muro (m)	300.00
Lmuro X (m)	126.06
L mín (m)	47.2
Chequeo	Cumple

Σ	130.15		126.06	Σ	1120.98

B	43.21

PISO 2 SENTIDO X

Ubicación muros (Eje)	L muro (m)	espesor (mm)	Lequivalente (m)	b (m)	L*b
1	6.25	300.00	6.25	0	0.00
4	2.20	450.00	3.30	13.65	30.03
7	14.15	300.00	14.15	22.53	318.80
8	11.17	300.00	11.17	26.16	292.21
9	15.45	300.00	15.45	29.64	457.94
10	13.15	300.00	13.15	32.92	432.90
11	10.63	300.00	10.63	34.97	371.73
12	1.35	150.00	0.68	40.19	54.26

Σ	74.35		74.78	Σ	1957.86

B	16.85

Chequeo simetría X	
1.063	No Cumple

e muro (m)	300
Lmuro X (m)	74.78
L mín (m)	18.9
Chequeo	Cumple

PISO 2 SENTIDO Y

Ubicación muros (Eje)	L muro (m)	espesor (mm)	Lequivalente (m)	b (m)	L*b
A	13.60	300.00	13.60	0	0.00
B	29.58	300.00	29.58	4.41	130.45
B	3.50	150.00	1.75	4.41	15.44
C	17.98	300.00	17.98	5.91	106.26
C	3.50	150.00	1.75	5.91	20.69
D	15.70	300.00	15.70	11.11	174.43
E	28.71	300.00	28.71	11.11	318.97
F	12.43	300.00	12.43	12.76	158.61

Σ	125.00		121.50	Σ	924.83

B	43.21

Chequeo simetría Y	
0.329	No Cumple

e muro (m)	300.00
Lmuro X (m)	121.50
L mín (m)	18.9
Chequeo	Cumple

Tabla 24. Verificación de longitud mínima de muros y simetría.

Se presenta una particularidad en esta comprobación, ya que a pesar de que los muros son lo suficientemente largos y anchos para garantizar la longitud mínima, hay una distribución poco adecuada de los mismos.

Esto puede deberse en gran medida a que parte de la zona sur de la casa se encuentra arrendada (como se mencionó), no se tuvo en cuenta los muros correspondientes a estas zonas afectado considerablemente la verificación de la simetría, pero a pesar de ello los valores no están considerablemente alejados en sentido Y, pero si en X.

6.4.8 DEMANDAS DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

A continuación, en la tabla 25 se relacionan las fuerzas sísmicas aplicadas a los elementos no estructurales de acuerdo a las ecuaciones (10), (11) y (12).

Tipo ENE	UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	γ (kN/m3)	Sa	ap	Wp(kN)	Rp	x(m)	h (m)	Ip	Fp Asignado (kN)
Muros URM	1er piso X	3.1	0.3	3	18.5	0.73	1.00	51.62	1.25	0.00	6.80	1.00	53.75
Muros URM	1er piso X	3.15	0.3	3	18.5	0.73	1.00	52.45	1.25	0.00	6.80	1.00	54.61
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	18.5	0.73	1.00	11.24	1.25	0.00	6.80	1.00	11.70
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	18.5	0.73	1.00	11.24	1.25	0.00	6.80	1.00	11.70
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	18.5	0.73	1.00	11.24	1.25	0.00	6.80	1.00	11.70
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	18.5	0.73	1.00	11.24	1.25	0.00	6.80	1.00	11.70
Muros URM	1er piso X	1.6	0.45	3	18.5	0.73	1.00	39.96	1.25	0.00	6.80	1.00	41.61
Muros URM	1er piso X	1.1	0.45	3	18.5	0.73	1.00	27.47	1.25	0.00	6.80	1.00	28.61
Muros URM	1er piso X	0.7	0.45	3	18.5	0.73	1.00	17.48	1.25	0.00	6.80	1.00	18.20
Muros URM	1er piso X	3.85	0.15	3	18.5	0.73	1.00	32.05	1.25	0.00	6.80	1.00	33.37
Muros URM	1er piso X	1.1	0.15	3	18.5	0.73	1.00	9.16	1.25	0.00	6.80	1.00	9.54
Muros URM	1er piso X	4.9	0.3	3	18.5	0.73	1.00	81.59	1.25	0.00	6.80	1.00	84.95
Muros URM	1er piso X	4.68	0.3	3	18.5	0.73	1.00	77.92	1.25	0.00	6.80	1.00	81.14
Muros URM	1er piso X	2.35	0.3	3	18.5	0.73	1.00	39.13	1.25	0.00	6.80	1.00	40.74
Muros URM	1er piso X	4.12	0.3	3	18.5	0.73	1.00	68.60	1.25	0.00	6.80	1.00	71.43
Muros URM	1er piso X	0.7	0.45	3	18.5	0.73	1.00	17.48	1.25	0.00	6.80	1.00	18.20
Muros URM	1er piso X	4.13	0.3	3	18.5	0.73	1.00	68.76	1.25	0.00	6.80	1.00	71.60
Muros URM	1er piso X	1.23	0.3	3	18.5	0.73	1.00	20.48	1.25	0.00	6.80	1.00	21.33

Muros URM	1er piso X	1.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	29.97	1.25	0.00	6.80	1.00	31.21
Muros URM	1er piso X	2.81	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.79	1.25	0.00	6.80	1.00	48.72
Muros URM	1er piso X	1.25	0.3	3	18.5	0.73	1.00	20.81	1.25	0.00	6.80	1.00	21.67
Muros URM	1er piso X	3.52	0.3	3	18.5	0.73	1.00	58.61	1.25	0.00	6.80	1.00	61.03
Muros URM	1er piso X	4.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	73.76	1.25	0.00	6.80	1.00	76.81
Muros URM	1er piso X	3.29	0.3	3	18.5	0.73	1.00	54.78	1.25	0.00	6.80	1.00	57.04
Muros URM	1er piso X	0.81	0.3	3	18.5	0.73	1.00	13.49	1.25	0.00	6.80	1.00	14.04
Muros URM	1er piso X	3.82	0.3	3	18.5	0.73	1.00	63.60	1.25	0.00	6.80	1.00	66.23
Muros URM	1er piso X	4.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	73.76	1.25	0.00	6.80	1.00	76.81
Muros URM	1er piso X	3.1	0.3	3	18.5	0.73	1.00	51.62	1.25	0.00	6.80	1.00	53.75
Muros URM	1er piso X	3.13	0.3	3	18.5	0.73	1.00	52.11	1.25	0.00	6.80	1.00	54.27
Muros URM	1er piso X	3.67	0.3	3	18.5	0.73	1.00	61.11	1.25	0.00	6.80	1.00	63.63
Muros URM	1er piso X	4.43	0.15	3	18.5	0.73	1.00	36.88	1.25	0.00	6.80	1.00	38.40
Muros URM	1er piso Y	17.58	0.3	3	18.5	0.73	1.00	292.71	1.25	0.00	6.80	1.00	304.80
Muros URM	1er piso Y	1.13	0.3	3	18.5	0.73	1.00	18.81	1.25	0.00	6.80	1.00	19.59
Muros URM	1er piso Y	0.85	0.3	3	18.5	0.73	1.00	14.15	1.25	0.00	6.80	1.00	14.74
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.62	1.25	0.00	6.80	1.00	48.55
Muros URM	1er piso Y	0.9	0.3	3	18.5	0.73	1.00	14.99	1.25	0.00	6.80	1.00	15.60
Muros URM	1er piso Y	22.25	0.3	3	18.5	0.73	1.00	370.46	1.25	0.00	6.80	1.00	385.76
Muros URM	1er piso Y	1.78	0.45	3	18.5	0.73	1.00	44.46	1.25	0.00	6.80	1.00	46.29
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.3	3	18.5	0.73	1.00	49.62	1.25	0.00	6.80	1.00	51.67
Muros URM	1er piso Y	3.7	0.3	3	18.5	0.73	1.00	61.61	1.25	0.00	6.80	1.00	64.15
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.3	3	18.5	0.73	1.00	19.15	1.25	0.00	6.80	1.00	19.94
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.62	1.25	0.00	6.80	1.00	48.55
Muros URM	1er piso Y	1.5	0.15	3	18.5	0.73	1.00	12.49	1.25	0.00	6.80	1.00	13.00
Muros URM	1er piso Y	2.6	0.15	3	18.5	0.73	1.00	21.65	1.25	0.00	6.80	1.00	22.54
Muros URM	1er piso Y	2.55	0.45	3	18.5	0.73	1.00	63.69	1.25	0.00	6.80	1.00	66.32
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.3	3	18.5	0.73	1.00	49.62	1.25	0.00	6.80	1.00	51.67
Muros URM	1er piso Y	1.45	0.3	3	18.5	0.73	1.00	24.14	1.25	0.00	6.80	1.00	25.14
Muros URM	1er piso Y	6.15	0.3	3	18.5	0.73	1.00	102.40	1.25	0.00	6.80	1.00	106.63
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.62	1.25	0.00	6.80	1.00	48.55
Muros URM	1er piso Y	2.6	0.15	3	19.5	0.73	2.00	22.82	1.25	0.00	6.80	1.00	47.51
Muros URM	1er piso Y	1.5	0.15	3	18.5	0.73	1.00	12.49	1.25	0.00	6.80	1.00	13.00
Muros URM	1er piso Y	2.5	0.3	3	18.5	0.73	1.00	41.63	1.25	0.00	6.80	1.00	43.34
Muros URM	1er piso Y	0.73	0.3	3	18.5	0.73	1.00	12.15	1.25	0.00	6.80	1.00	12.66
Muros URM	1er piso Y	3.53	0.3	3	18.5	0.73	1.00	58.77	1.25	0.00	6.80	1.00	61.20
Muros URM	1er piso Y	1.2	0.3	3	18.5	0.73	1.00	19.98	1.25	0.00	6.80	1.00	20.81
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.3	3	18.5	0.73	1.00	19.15	1.25	0.00	6.80	1.00	19.94

Muros URM	1er piso Y	22.25	0.3	3	18.5	0.73	1.00	370.46	1.25	0.00	6.80	1.00	385.76
Muros URM	1er piso Y	12.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	206.96	1.25	0.00	6.80	1.00	215.51
Muros URM	1er piso Y	1.23	0.3	3	18.5	0.73	1.00	20.48	1.25	0.00	6.80	1.00	21.33
Muros URM	1er piso Y	0.98	0.3	3	18.5	0.73	1.00	16.32	1.25	0.00	6.80	1.00	16.99
Muros URM	1er piso Y	2.1	0.15	3	18.5	0.73	1.00	17.48	1.25	0.00	6.80	1.00	18.20
Muros URM	2do piso X	3.1	0.3	3	18.5	0.73	1.00	51.62	1.25	3.40	6.80	1.00	107.49
Muros URM	2do piso X	3.15	0.3	3	18.5	0.73	1.00	52.45	1.25	3.40	6.80	1.00	109.23
Muros URM	2do piso X	2.2	0.45	3	18.5	0.73	1.00	54.95	1.25	3.40	6.80	1.00	114.43
Muros URM	2do piso X	4.68	0.3	3	18.5	0.73	1.00	77.92	1.25	3.40	6.80	1.00	162.28
Muros URM	2do piso X	5.5	0.3	3	18.5	0.73	1.00	91.58	1.25	3.40	6.80	1.00	190.71
Muros URM	2do piso X	3.97	0.3	3	18.5	0.73	1.00	66.10	1.25	3.40	6.80	1.00	137.66
Muros URM	2do piso X	4.13	0.3	3	18.5	0.73	1.00	68.76	1.25	3.40	6.80	1.00	143.21
Muros URM	2do piso X	3.52	0.3	3	18.5	0.73	1.00	58.61	1.25	3.40	6.80	1.00	122.06
Muros URM	2do piso X	3.52	0.3	3	18.5	0.73	1.00	58.61	1.25	3.40	6.80	1.00	122.06
Muros URM	2do piso X	4.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	73.76	1.25	3.40	6.80	1.00	153.61
Muros URM	2do piso X	4	0.3	3	18.5	0.73	1.00	66.60	1.25	3.40	6.80	1.00	138.70
Muros URM	2do piso X	4.2	0.3	3	18.5	0.73	1.00	69.93	1.25	3.40	6.80	1.00	145.64
Muros URM	2do piso X	2.82	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.95	1.25	3.40	6.80	1.00	97.78
Muros URM	2do piso X	4.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	73.76	1.25	3.40	6.80	1.00	153.61
Muros URM	2do piso X	4.9	0.3	3	18.5	0.73	1.00	81.59	1.25	3.40	6.80	1.00	169.91
Muros URM	2do piso X	3.82	0.3	3	18.5	0.73	1.00	63.60	1.25	3.40	6.80	1.00	132.46
Muros URM	2do piso X	4.73	0.3	3	18.5	0.73	1.00	78.75	1.25	3.40	6.80	1.00	164.01
Muros URM	2do piso X	5.5	0.3	3	18.5	0.73	1.00	91.58	1.25	3.40	6.80	1.00	190.71
Muros URM	2do piso X	0.4	0.3	3	18.5	0.73	1.00	6.66	1.25	3.40	6.80	1.00	13.87
Muros URM	2do piso X	1.35	0.15	3	18.5	0.73	1.00	11.24	1.25	3.40	6.80	1.00	23.41
Muros URM	2do piso Y	13.6	0.3	3	18.5	0.73	1.00	226.44	1.25	3.40	6.80	1.00	471.58
Muros URM	2do piso Y	2.1	0.3	3	18.5	0.73	1.00	34.97	1.25	3.40	6.80	1.00	72.82
Muros URM	2do piso Y	1.13	0.3	3	18.5	0.73	1.00	18.81	1.25	3.40	6.80	1.00	39.18
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.3	3	18.5	0.73	1.00	14.15	1.25	3.40	6.80	1.00	29.47
Muros URM	2do piso Y	0.4	0.3	3	18.5	0.73	1.00	6.66	1.25	3.40	6.80	1.00	13.87
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.3	3	18.5	0.73	1.00	14.15	1.25	3.40	6.80	1.00	29.47
Muros URM	2do piso Y	2	0.3	3	18.5	0.73	1.00	33.30	1.25	3.40	6.80	1.00	69.35
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.3	3	18.5	0.73	1.00	370.46	1.25	3.40	6.80	1.00	771.53
Muros URM	2do piso Y	3.5	0.15	3	18.5	0.73	1.00	29.14	1.25	3.40	6.80	1.00	60.68
Muros URM	2do piso Y	5.65	0.3	3	18.5	0.73	1.00	94.07	1.25	3.40	6.80	1.00	195.92
Muros URM	2do piso Y	7.55	0.3	3	18.5	0.73	1.00	125.71	1.25	3.40	6.80	1.00	261.80
Muros URM	2do piso Y	2.98	0.3	3	18.5	0.73	1.00	49.62	1.25	3.40	6.80	1.00	103.33
Muros URM	2do piso Y	1.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	29.97	1.25	3.40	6.80	1.00	62.42

Muros URM	2do piso Y	3.5	0.15	3	18.5	0.73	1.00	29.14	1.25	3.40	6.80	1.00	60.68
Muros URM	2do piso Y	4.3	0.3	3	18.5	0.73	1.00	71.60	1.25	3.40	6.80	1.00	149.10
Muros URM	2do piso Y	7.55	0.3	3	18.5	0.73	1.00	125.71	1.25	3.40	6.80	1.00	261.80
Muros URM	2do piso Y	1.05	0.3	3	18.5	0.73	1.00	17.48	1.25	3.40	6.80	1.00	36.41
Muros URM	2do piso Y	2.8	0.3	3	18.5	0.73	1.00	46.62	1.25	3.40	6.80	1.00	97.09
Muros URM	2do piso Y	1.28	0.3	3	18.5	0.73	1.00	21.31	1.25	3.40	6.80	1.00	44.38
Muros URM	2do piso Y	0.88	0.3	3	18.5	0.73	1.00	14.65	1.25	3.40	6.80	1.00	30.51
Muros URM	2do piso Y	1.1	0.3	3	18.5	0.73	1.00	18.32	1.25	3.40	6.80	1.00	38.14
Muros URM	2do piso Y	1.58	0.3	3	18.5	0.73	1.00	26.31	1.25	3.40	6.80	1.00	54.79
Muros URM	2do piso Y	1.16	0.3	3	18.5	0.73	1.00	19.31	1.25	3.40	6.80	1.00	40.22
Muros URM	2do piso Y	0.46	0.3	3	18.5	0.73	1.00	7.66	1.25	3.40	6.80	1.00	15.95
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.3	3	18.5	0.73	1.00	370.46	1.25	3.40	6.80	1.00	771.53
Muros URM	2do piso Y	12.43	0.3	3	18.5	0.73	1.00	206.96	1.25	3.40	6.80	1.00	431.01
Parapeto URM	1er piso X	3.13	0.3	1.2	18.5	0.73	1.00	20.85	2.50	0.00	6.80	1.00	20.27
Parapeto URM	2do piso X	2.65	0.15	0.9	18.5	0.73	1.00	6.62	2.50	3.40	6.80	1.00	6.89
Parapeto URM	2do piso X	1	0.3	0.9	18.5	0.73	1.00	5.00	2.50	3.40	6.80	1.00	5.20
Parapeto URM	2do piso X	2.33	0.3	0.9	18.5	0.73	1.00	11.64	2.50	3.40	6.80	1.00	12.12
Parapeto URM	2do piso X	1.2	0.3	0.9	18.5	0.73	1.00	5.99	2.50	3.40	6.80	1.00	6.24
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.9	18.5	0.73	1.00	12.36	2.50	3.40	6.80	1.00	12.87
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.9	18.5	0.73	1.00	12.36	2.50	3.40	6.80	1.00	12.87
Parapeto URM	2do piso Y	1	0.3	0.9	18.5	0.73	1.00	5.00	2.50	3.40	6.80	1.00	5.20

Tabla 25.Cálculo de fuerzas sísmicas aplicadas a ENE

6.5 FASE 1: INSPECCIÓN.

6.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EJECUTADO.

Según el diagrama de flujo de evaluación sísmica de edificaciones existentes Fase 1 descrito en la sección 5.2.3.2., se realizó la labor en consideración:

- **Información requerida:**

- Nivel de desempeño: Preservación de la vida (LS)
- Nivel de sismicidad: Intermedia (Mapa de caracterización sísmica de Colombia)

- Descripción general de la estructura: Muros portantes de mampostería no reforzada con diafragmas flexibles (URM)

- **Construcción de referencia**: No

- **Selección de las listas de verificación**: Con base en la tabla 27, se seleccionaron tres listas de verificación, Estructural básica, Cimentaciones y sitios de riesgo geológico y No estructural básica.

- **Nivel de sismicidad bajo y nivel de desempeño LS:** No
    - Ver listas de verificación básica estructural en el anexo 4.

- **Nivel de sismicidad alto con desempeño LS o IO o sismicidad moderada con desempeño IO:** No
    - Ver lista de verificación de cimentaciones y sitios de riesgo geológico en el anexo 4
    - Ver lista de verificación básica no estructural en el anexo 4

- **Nivel de sismicidad alto con desempeño LS o IO o sismicidad moderada con desempeño IO:** No
    - Ver resumen de deficiencias en el apéndice 6.5.4 e informe final de evaluación en el apéndice 6.8

- **Requiere evaluación adicional:** Si, dada la naturaleza del documento se recomienda realizar una evaluación adicional usando la lista de verificación intermedia no estructural (Ver inciso 6.6) y se dan recomendaciones adicionales de la fase 3 de evaluación y de rehabilitación en el inciso 6.8.3 y 6.9 respectivamente.
-

6.5.2 SELECCIÓN DE LAS LISTAS DE VERIFICACIÓN FASE 1.

De la tabla 27, se marcan en rojo las listas que deben ser completadas en fase 1.

Nivel de sismicidad	Nivel de desempeño	Listas de verificación requeridas						
		Nivel de sismicidad bajo	Estructural básica	Estructural complementaria	Cimentaciones y sitios de riesgo geológico	No estructural básica	No estructural intermedia	No estructural complementaria
Bajo	LS	►						
	IO		►		►	►		
Moderado	LS							
	IO		►	►	►	►	►	
Alto	LS		►	►	►	►	►	
	IO		►	►	►	►	►	►

Tabla 26. Selección de listas de verificación por nivel de desempeño y nivel de sismicidad

6.5.3 LISTAS DE VERIFICACIÓN EJECUTADAS.

Se ejecutaron las listas de verificación Estructural básica, Cimentaciones y sitios de riesgo geológico y No estructural básica, de acuerdo a la sección 5.2.3.2. y se muestran en el anexo 4.

6.5.4 RESUMEN DE DEFICIENCIAS.

Las siguientes deficiencias fueron identificadas por la evaluación de nivel 1.

LISTA DE VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- Sistema de construcción:
    - Deterioro de la madera: Hubo un incendio en la década del 70 que afecto la edificación, por lo tanto se presenta madera con signos de deterioro por ese aspecto. Además se ven rastros de pudrición en algunas de las vigas y cielo rasos de la edificación.

- Juntas de mampostería: El mortero en algunos sectores de muro se pudo raspar con una herramienta de metal, y consecuencia de eso se encuentran unidades de mampostería sueltas.
- Anclaje de muro: No existen pasadores de refuerzo para los muros exteriores.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE FALLAS GEOLÓGICAS DEL SITIO Y DE CIMENTACIONES

- No se encontraron deficiencias para esta lista de verificación.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES:

- Particiones:
  - Mampostería no reforzada: No hay arrostramiento alguno de muros.
- Tubería
  - Acoples flexibles: Las redes de suministro y de gas presentan acoples rígidos.

Cómo el edificio presenta deficiencias en la fase 1, se remite la evaluación al nivel 2 de inspección. El informe final de inspección de la fase 1 se muestra en el informe general de evaluación de la sección 6.8.

6.6 FASE 2: EVALUACIÓN.

6.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EJECUTADO.

A partir de las deficiencias detectadas en la fase 1 de inspección se continuó con el modelo de análisis cuantitativo descrito en el inciso 5.2.3.3 especialmente para los muros de mampostería no reforzada de toda la edificación, lo que funciona además cómo complemento de la evaluación estructural, dado que la edificación es de tipo URM. Se dieron también las recomendaciones necesarias para la rehabilitación o mantenimiento de las fallas localizadas en la fase 1 de inspección.

Al respecto desarrollaron dos modelos de análisis, uno dinámico y uno estático para evaluar el primero en relación a las derivas y el segundo a las solicitaciones requeridas; esto para dos casos: muros bi-apoyados y muros en voladizo (parapetos)

Modelo Estático:

Este modelo se planteó como la superposición de dos estados de carga, uno con la fuerza sísmica actuando en el centro de gravedad del muro (hm/2) y otro donde la se produce un desplazamiento en un apoyo por efectos de la deriva de piso, como se ilustra a continuación.

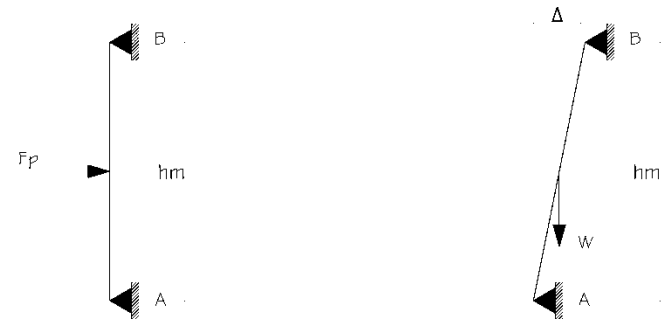


Ilustración 10. Modelo estático: Muro biapoyado.

De la suma de estos dos estados se originan las siguientes expresiones para las solicitaciones en el muro:

$$Mmáx = Fp * \frac{hm}{4} + W * \frac{\Delta}{2} \quad (14)$$

$$Ra = \frac{Fp}{2} - W * \frac{\Delta}{2 * hm} \quad (15)$$

$$Rb = \frac{Fp}{2} + W * \frac{\Delta}{2 * hm} \quad (16)$$

Para el voladizo se presenta el siguiente modelo:

$$Ra = Fp \tag{17}$$

$$M\ máx = Fp * \frac{hm}{2} \tag{18}$$

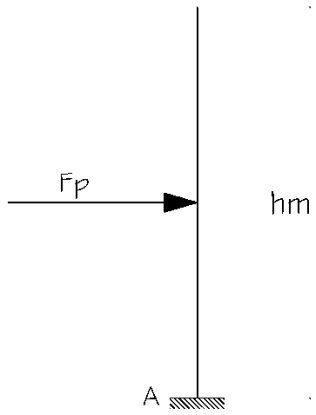


Ilustración 11. Modelo estático: muro en voladizo.

Para realizar la evaluación de chequeo, se comparó con el valor asumido por defecto para cortante τ= 70 kN/m^2.

Para la evaluación por flexión, se da como resultado un total **NO** cumplimiento ya que como se determinó en FASE 1, no existe ningún tipo de anclaje, y como por suposición básica de diseño de muros en mampostería, ésta no aporta a esfuerzos de tensión, y en consecuencia se debe diseñar un anclaje que debe ir de acuerdo a las recomendaciones finales, tal que soporte las solicitaciones para el momento obtenido.

En la tabla 27, se relacionan los resultados obtenidos para las solicitaciones que se presentan en cada uno de los muros de mampostería no reforzada en la edificación, que de acuerdo a los resultados que se obtengan en fase 3 deberán ser considerados o bien como elementos estructurales o no estructurales.

Tipo ENE	UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	Fp Asignado (kN)	Deriva piso	MC (kN*m)	RA (kN)	RB (kN)	τa (kN/m2)	Chequeo	τb (kN/m2)	Chequeo
Muros URM	1er piso X	3.1	0.3	3	53.75	0.00107	40.338	26.864	26.883	28.886	Cumple	28.906	Cumple

Muros URM	1er piso X	3.15	0.3	3	54.61	0.00107	40.988	27.297	27.316	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	11.70	0.00107	8.783	5.849	5.853	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	11.70	0.00107	8.783	5.849	5.853	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	11.70	0.00107	8.783	5.849	5.853	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3	11.70	0.00107	8.783	5.849	5.853	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.6	0.45	3	41.61	0.00107	31.229	20.798	20.812	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.1	0.45	3	28.61	0.00107	21.470	14.299	14.308	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.7	0.45	3	18.20	0.00107	13.663	9.099	9.105	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.85	0.15	3	33.37	0.00107	25.048	16.682	16.693	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.1	0.15	3	9.54	0.00107	7.157	4.766	4.769	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.9	0.3	3	84.95	0.00107	63.759	42.463	42.492	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.68	0.3	3	81.14	0.00107	60.897	40.556	40.584	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.35	0.3	3	40.74	0.00107	30.579	20.365	20.379	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.12	0.3	3	71.43	0.00107	53.610	35.703	35.728	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.7	0.45	3	18.20	0.00107	13.663	9.099	9.105	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.13	0.3	3	71.60	0.00107	53.740	35.790	35.815	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.23	0.3	3	21.33	0.00107	16.005	10.659	10.666	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.8	0.3	3	31.21	0.00107	23.422	15.599	15.609	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.81	0.3	3	48.72	0.00107	36.564	24.351	24.368	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.25	0.3	3	21.67	0.00107	16.265	10.832	10.840	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.52	0.3	3	61.03	0.00107	45.803	30.504	30.525	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.3	3	76.81	0.00107	57.644	38.390	38.416	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.29	0.3	3	57.04	0.00107	42.810	28.511	28.530	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.81	0.3	3	14.04	0.00107	10.540	7.019	7.024	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.82	0.3	3	66.23	0.00107	49.706	33.104	33.126	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.3	3	76.81	0.00107	57.644	38.390	38.416	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.1	0.3	3	53.75	0.00107	40.338	26.864	26.883	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.13	0.3	3	54.27	0.00107	40.728	27.124	27.143	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.67	0.3	3	63.63	0.00107	47.755	31.804	31.825	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.15	3	38.40	0.00107	28.822	19.195	19.208	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	17.58	0.3	3	304.80	0.00107	228.753	152.346	152.450	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.13	0.3	3	19.59	0.00107	14.704	9.792	9.799	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.85	0.3	3	14.74	0.00107	11.060	7.366	7.371	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	48.55	0.00107	36.434	24.264	24.281	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.9	0.3	3	15.60	0.00107	11.711	7.799	7.805	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.25	0.3	3	385.76	0.00107	289.520	192.815	192.947	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.78	0.45	3	46.29	0.00107	34.742	23.138	23.154	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.3	3	51.67	0.00107	38.776	25.824	25.842	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.7	0.3	3	64.15	0.00107	48.145	32.064	32.086	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.3	3	19.94	0.00107	14.964	9.966	9.973	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	48.55	0.00107	36.434	24.264	24.281	28.886	Cumple	28.906	Cumple

Muros URM	1er piso Y	1.5	0.15	3	13.00	0.00107	9.759	6.499	6.504	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.6	0.15	3	22.54	0.00107	16.916	11.266	11.273	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.55	0.45	3	66.32	0.00107	49.771	33.147	33.170	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.3	3	51.67	0.00107	38.776	25.824	25.842	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.45	0.3	3	25.14	0.00107	18.868	12.565	12.574	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	6.15	0.3	3	106.63	0.00107	80.025	53.295	53.332	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.8	0.3	3	48.55	0.00107	36.434	24.264	24.281	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.6	0.15	3	47.51	0.00107	35.648	23.753	23.761	60.906	Cumple	60.926	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.5	0.15	3	13.00	0.00107	9.759	6.499	6.504	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.5	0.3	3	43.34	0.00107	32.530	21.665	21.679	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.73	0.3	3	12.66	0.00107	9.499	6.326	6.330	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.53	0.3	3	61.20	0.00107	45.933	30.590	30.611	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.2	0.3	3	20.81	0.00107	15.615	10.399	10.406	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.3	3	19.94	0.00107	14.964	9.966	9.973	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.25	0.3	3	385.76	0.00107	289.520	192.815	192.947	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	12.43	0.3	3	215.51	0.00107	161.741	107.717	107.790	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.23	0.3	3	21.33	0.00107	16.005	10.659	10.666	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.98	0.3	3	16.99	0.00107	12.752	8.493	8.498	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.1	0.15	3	18.20	0.00107	13.663	9.099	9.105	28.886	Cumple	28.906	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.1	0.3	3	107.49	0.00015	80.624	53.745	53.748	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.15	0.3	3	109.23	0.00015	81.924	54.612	54.615	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.2	0.45	3	114.43	0.00015	85.826	57.213	57.216	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.68	0.3	3	162.28	0.00015	121.716	81.138	81.142	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.5	0.3	3	190.71	0.00015	143.043	95.355	95.359	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.97	0.3	3	137.66	0.00015	103.251	68.829	68.832	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.13	0.3	3	143.21	0.00015	107.412	71.603	71.606	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.52	0.3	3	122.06	0.00015	91.547	61.027	61.030	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.52	0.3	3	122.06	0.00015	91.547	61.027	61.030	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.43	0.3	3	153.61	0.00015	115.214	76.804	76.808	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4	0.3	3	138.70	0.00015	104.031	69.349	69.352	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.2	0.3	3	145.64	0.00015	109.232	72.816	72.820	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.82	0.3	3	97.78	0.00015	73.342	48.891	48.893	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.43	0.3	3	153.61	0.00015	115.214	76.804	76.808	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.9	0.3	3	169.91	0.00015	127.438	84.952	84.957	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.82	0.3	3	132.46	0.00015	99.350	66.228	66.231	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.73	0.3	3	164.01	0.00015	123.017	82.005	82.009	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.5	0.3	3	190.71	0.00015	143.043	95.355	95.359	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	0.4	0.3	3	13.87	0.00015	10.403	6.935	6.935	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso X	1.35	0.15	3	23.41	0.00015	17.555	11.703	11.703	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	13.6	0.3	3	471.58	0.00015	353.705	235.786	235.798	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.1	0.3	3	72.82	0.00015	54.616	36.408	36.410	57.791	Cumple	57.794	Cumple

Muros URM	2do piso Y	1.13	0.3	3	39.18	0.00015	29.389	19.591	19.592	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.3	3	29.47	0.00015	22.107	14.737	14.737	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.4	0.3	3	13.87	0.00015	10.403	6.935	6.935	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.3	3	29.47	0.00015	22.107	14.737	14.737	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2	0.3	3	69.35	0.00015	52.015	34.674	34.676	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.3	3	771.53	0.00015	578.672	385.753	385.772	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.5	0.15	3	60.68	0.00015	45.514	30.340	30.342	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	5.65	0.3	3	195.92	0.00015	146.944	97.955	97.960	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	7.55	0.3	3	261.80	0.00015	196.358	130.896	130.902	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.98	0.3	3	103.33	0.00015	77.503	51.665	51.667	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.8	0.3	3	62.42	0.00015	46.814	31.207	31.209	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.5	0.15	3	60.68	0.00015	45.514	30.340	30.342	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	4.3	0.3	3	149.10	0.00015	111.833	74.550	74.554	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	7.55	0.3	3	261.80	0.00015	196.358	130.896	130.902	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.05	0.3	3	36.41	0.00015	27.308	18.204	18.205	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.8	0.3	3	97.09	0.00015	72.822	48.544	48.547	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.28	0.3	3	44.38	0.00015	33.290	22.192	22.193	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.88	0.3	3	30.51	0.00015	22.887	15.257	15.257	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.1	0.3	3	38.14	0.00015	28.609	19.071	19.072	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.58	0.3	3	54.79	0.00015	41.092	27.393	27.394	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.16	0.3	3	40.22	0.00015	30.169	20.111	20.112	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.46	0.3	3	15.95	0.00015	11.964	7.975	7.976	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.3	3	771.53	0.00015	578.672	385.753	385.772	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Muros URM	2do piso Y	12.43	0.3	3	431.01	0.00015	323.276	215.502	215.512	57.791	Cumple	57.794	Cumple
Parapeto URM	1er piso X	3.13	0.3	1.2	20.27		12.164	20.274		21.591	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	2.65	0.15	0.9	6.89		3.101	6.892		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1	0.3	0.9	5.20		2.341	5.201		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	2.33	0.3	0.9	12.12		5.454	12.119		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.2	0.3	0.9	6.24		2.809	6.242		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.9	12.87		5.793	12.873		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.9	12.87		5.793	12.873		17.338	Cumple		
Parapeto URM	2do piso Y	1	0.3	0.9	5.20		2.341	5.201		17.338	Cumple		

Tabla 27. Resultados de aplicación de Fp según ASCE/SEI 31-03

De estos resultados se evidencia que existe una alta resistencia al cortante a pesar de no haber anclaje, que se debe a la ancho de sus muros. Los valores máximos se presentan en los muros de ancho de 15 cm.

Con fines comparativos, se realizó el mismo modelo de acuerdo a los parámetros del reglamento NSR-10 para elementos no estructurales en edificaciones nuevas

del capítulo A.9 Elementos no estructurales, de allí se tienen los siguientes datos base:

La fuerza sísmica aplicada se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Fp = \frac{ax * ap}{Rp} g * Mp \geq \frac{Aa * I}{2} * gMp \quad (19)$$

Dónde:

Mp: Masa del elemento.

ax: Aceleración en el punto de soporte del elemento.

ap: Amplificación dinámica del elemento no estructural.

Rp: Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento no estructural.

Para esto, ax estará determinada por las siguientes ecuaciones en función de la altura a la que se encuentre con respecto a la altura equivalente de la edificación heq.

Aceleración en el punto de soporte ax		
Contrapiso	hx< heq	hx>heq
A	B	C
ax=Aa	$ax = Aa + \frac{(Sa - Aa) * Hx}{heq}$ (20)	$ax = Sa \frac{hx}{heq}$ (21)

Tabla 28. Ecuaciones para la aceleración en el punto de soporte ax

La altura equivalente de la edificación se calculará de acuerdo al ítem A.9.4.2.1 del reglamento NSR-10 como:

$$heq = 075\ hn \quad (22)$$

I	1
Aa	0.15
Sa	0.731
h (m)	6.8
heq (m)	5.1
ap (Muros biapoyados)	1.5

ap (Muros en voladizo)	2.5
Rp (anclaje húmedo)	0.5

Se tomaron para ap de la tabla A.9.5-1 y Rp del inciso A.9.4.9 del reglamento NSR-10.

De acuerdo a esto en la tabla 29 se presentan los resultados obtenidos que se compararon al igual que los de desarrollados con ASCE para τ= 70 kN/m^2.

Tipo ENE	UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	ax	Fp asignado (kN)	Deriva de piso (m)	M (kN*m)	Ra (kN)	Rb (kN)	τa (kN/m2)	Chequeo Ra	τb (kN/m2)	Chequeo Ra
Muros URM	1er piso X	3.100	0.300	3.000	0.150	18.872	0.0011	14.181	9.427	9.445	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.150	0.300	3.000	0.150	19.176	0.0011	14.410	9.579	9.597	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.350	0.150	3.000	0.150	4.109	0.0011	3.088	2.053	2.057	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.350	0.150	3.000	0.150	4.109	0.0011	3.088	2.053	2.057	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.350	0.150	3.000	0.150	4.109	0.0011	3.088	2.053	2.057	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.350	0.150	3.000	0.150	4.109	0.0011	3.088	2.053	2.057	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.600	0.450	3.000	0.150	14.610	0.0011	10.979	7.298	7.312	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.100	0.450	3.000	0.150	10.045	0.0011	7.548	5.017	5.027	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.700	0.450	3.000	0.150	6.392	0.0011	4.803	3.193	3.199	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.850	0.150	3.000	0.150	11.719	0.0011	8.806	5.854	5.865	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.100	0.150	3.000	0.150	3.348	0.0011	2.516	1.672	1.676	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.900	0.300	3.000	0.150	29.830	0.0011	22.416	14.900	14.929	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.680	0.300	3.000	0.150	28.490	0.0011	21.409	14.231	14.259	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.350	0.300	3.000	0.150	14.306	0.0011	10.750	7.146	7.160	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.120	0.300	3.000	0.150	25.081	0.0011	18.848	12.528	12.553	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.700	0.450	3.000	0.150	6.392	0.0011	4.803	3.193	3.199	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.130	0.300	3.000	0.150	25.142	0.0011	18.893	12.559	12.583	10.136	Cumple	10.156	Cumple

Muros URM	1er piso X	1.230	0.300	3.000	0.150	7.488	0.0011	5.627	3.740	3.748	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.800	0.300	3.000	0.150	10.958	0.0011	8.234	5.474	5.484	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.810	0.300	3.000	0.150	17.106	0.0011	12.855	8.545	8.562	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.250	0.300	3.000	0.150	7.610	0.0011	5.718	3.801	3.808	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.520	0.300	3.000	0.150	21.429	0.0011	16.103	10.704	10.725	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.430	0.300	3.000	0.150	26.968	0.0011	20.266	13.471	13.497	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.290	0.300	3.000	0.150	20.028	0.0011	15.051	10.004	10.024	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.810	0.300	3.000	0.150	4.931	0.0011	3.705	2.463	2.468	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.820	0.300	3.000	0.150	23.255	0.0011	17.475	11.616	11.639	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.430	0.300	3.000	0.150	26.968	0.0011	20.266	13.471	13.497	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.100	0.300	3.000	0.150	18.872	0.0011	14.181	9.427	9.445	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.130	0.300	3.000	0.150	19.054	0.0011	14.319	9.518	9.536	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.670	0.300	3.000	0.150	22.342	0.0011	16.789	11.160	11.182	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.430	0.150	3.000	0.150	13.484	0.0011	10.133	6.736	6.749	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	17.580	0.300	3.000	0.150	107.021	0.0011	80.422	53.458	53.563	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.130	0.300	3.000	0.150	6.879	0.0011	5.169	3.436	3.443	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.850	0.300	3.000	0.150	5.175	0.0011	3.888	2.585	2.590	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.800	0.300	3.000	0.150	17.045	0.0011	12.809	8.514	8.531	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.900	0.300	3.000	0.150	5.479	0.0011	4.117	2.737	2.742	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.250	0.300	3.000	0.150	135.450	0.0011	101.786	67.659	67.791	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.780	0.450	3.000	0.150	16.254	0.0011	12.214	8.119	8.135	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.980	0.300	3.000	0.150	18.141	0.0011	13.632	9.062	9.079	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.700	0.300	3.000	0.150	22.524	0.0011	16.926	11.251	11.273	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.150	0.300	3.000	0.150	7.001	0.0011	5.261	3.497	3.504	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.800	0.300	3.000	0.150	17.045	0.0011	12.809	8.514	8.531	10.136	Cumple	10.156	Cumple

Muros URM	1er piso Y	1.500	0.150	3.000	0.150	4.566	0.0011	3.431	2.281	2.285	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.600	0.150	3.000	0.150	7.914	0.0011	5.947	3.953	3.961	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.550	0.450	3.000	0.150	23.285	0.0011	17.498	11.631	11.654	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.980	0.300	3.000	0.150	18.141	0.0011	13.632	9.062	9.079	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.450	0.300	3.000	0.150	8.827	0.0011	6.633	4.409	4.418	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	6.150	0.300	3.000	0.150	37.439	0.0011	28.134	18.701	18.738	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.800	0.300	3.000	0.150	17.045	0.0011	12.809	8.514	8.531	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.600	0.150	3.000	0.150	13.689	0.0011	10.279	6.840	6.849	17.540	Cumple	17.560	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.500	0.150	3.000	0.150	4.566	0.0011	3.431	2.281	2.285	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.500	0.300	3.000	0.150	15.219	0.0011	11.437	7.602	7.617	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.730	0.300	3.000	0.150	4.444	0.0011	3.339	2.220	2.224	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.530	0.300	3.000	0.150	21.489	0.0011	16.149	10.734	10.755	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.200	0.300	3.000	0.150	7.305	0.0011	5.490	3.649	3.656	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.150	0.300	3.000	0.150	7.001	0.0011	5.261	3.497	3.504	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.250	0.300	3.000	0.150	135.450	0.0011	101.786	67.659	67.791	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	12.430	0.300	3.000	0.150	75.670	0.0011	56.863	37.798	37.872	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.230	0.300	3.000	0.150	7.488	0.0011	5.627	3.740	3.748	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.980	0.300	3.000	0.150	5.966	0.0011	4.483	2.980	2.986	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.100	0.150	3.000	0.150	6.392	0.0011	4.803	3.193	3.199	10.136	Cumple	10.156	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.100	0.300	3.000	0.538	55.486	0.0002	41.619	27.742	27.744	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.150	0.300	3.000	0.538	56.381	0.0002	42.290	28.189	28.192	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.200	0.450	3.000	0.538	59.066	0.0002	44.304	29.532	29.534	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.680	0.300	3.000	0.538	83.766	0.0002	62.831	41.881	41.885	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.500	0.300	3.000	0.538	98.443	0.0002	73.839	49.219	49.224	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.970	0.300	3.000	0.538	71.058	0.0002	53.299	35.527	35.531	29.830	Cumple	29.833	Cumple

Muros URM	2do piso X	4.130	0.300	3.000	0.538	73.922	0.0002	55.447	36.959	36.963	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.520	0.300	3.000	0.538	63.004	0.0002	47.257	31.500	31.503	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.520	0.300	3.000	0.538	63.004	0.0002	47.257	31.500	31.503	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.430	0.300	3.000	0.538	79.291	0.0002	59.474	39.644	39.648	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.000	0.300	3.000	0.538	71.595	0.0002	53.701	35.796	35.799	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.200	0.300	3.000	0.538	75.175	0.0002	56.386	37.586	37.589	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.820	0.300	3.000	0.538	50.474	0.0002	37.859	25.236	25.238	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.430	0.300	3.000	0.538	79.291	0.0002	59.474	39.644	39.648	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.900	0.300	3.000	0.538	87.704	0.0002	65.784	43.850	43.854	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.820	0.300	3.000	0.538	68.373	0.0002	51.285	34.185	34.188	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.730	0.300	3.000	0.538	84.661	0.0002	63.502	42.329	42.333	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.500	0.300	3.000	0.538	98.443	0.0002	73.839	49.219	49.224	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	0.400	0.300	3.000	0.538	7.160	0.0002	5.370	3.580	3.580	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso X	1.350	0.150	3.000	0.538	12.082	0.0002	9.062	6.041	6.041	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	13.600	0.300	3.000	0.538	243.423	0.0002	182.585	121.706	121.717	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.100	0.300	3.000	0.538	37.587	0.0002	28.193	18.793	18.795	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.130	0.300	3.000	0.538	20.226	0.0002	15.171	10.112	10.113	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.850	0.300	3.000	0.538	15.214	0.0002	11.412	7.607	7.607	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.400	0.300	3.000	0.538	7.160	0.0002	5.370	3.580	3.580	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.850	0.300	3.000	0.538	15.214	0.0002	11.412	7.607	7.607	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.000	0.300	3.000	0.538	35.798	0.0002	26.851	17.898	17.900	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.250	0.300	3.000	0.538	398.247	0.0002	298.714	199.114	199.133	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.500	0.150	3.000	0.538	31.323	0.0002	23.494	15.661	15.662	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	5.650	0.300	3.000	0.538	101.128	0.0002	75.853	50.562	50.566	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	7.550	0.300	3.000	0.538	135.136	0.0002	101.361	67.565	67.571	29.830	Cumple	29.833	Cumple

Muros URM	2do piso Y	2.980	0.300	3.000	0.538	53.338	0.0002	40.007	26.668	26.670	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.800	0.300	3.000	0.538	32.218	0.0002	24.166	16.108	16.110	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.500	0.150	3.000	0.538	31.323	0.0002	23.494	15.661	15.662	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	4.300	0.300	3.000	0.538	76.965	0.0002	57.729	38.480	38.484	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	7.550	0.300	3.000	0.538	135.136	0.0002	101.361	67.565	67.571	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.050	0.300	3.000	0.538	18.794	0.0002	14.097	9.396	9.397	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.800	0.300	3.000	0.538	50.117	0.0002	37.591	25.057	25.059	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.280	0.300	3.000	0.538	22.910	0.0002	17.184	11.455	11.456	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.880	0.300	3.000	0.538	15.751	0.0002	11.814	7.875	7.876	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.100	0.300	3.000	0.538	19.689	0.0002	14.768	9.844	9.845	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.580	0.300	3.000	0.538	28.280	0.0002	21.212	14.139	14.141	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.160	0.300	3.000	0.538	20.763	0.0002	15.573	10.381	10.382	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.460	0.300	3.000	0.538	8.233	0.0002	6.176	4.117	4.117	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.250	0.300	3.000	0.538	398.247	0.0002	298.714	199.114	199.133	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Muros URM	2do piso Y	12.430	0.300	3.000	0.538	222.481	0.0002	166.877	111.235	111.246	29.830	Cumple	29.833	Cumple
Parapeto URM	1er piso X	3.130	0.300	1.200	0.150	15.634		9.381	15.634		16.650	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	2.650	0.150	0.900	0.538	17.787		8.004	17.787		44.747	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.000	0.300	0.900	0.538	13.424		6.041	13.424		44.747	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	2.330	0.300	0.900	0.538	31.278		14.075	31.278		44.747	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.200	0.300	0.900	0.538	16.109		7.249	16.109		44.747	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.650	0.450	0.900	0.538	33.225		14.951	33.225		44.747	Cumple		
Parapeto URM	2do piso X	1.650	0.450	0.900	0.538	33.225		14.951	33.225		44.747	Cumple		
Parapeto URM	Segundo piso en Y	1.000	0.300	0.900	0.538	13.424		6.041	13.424		44.747	Cumple		

Tabla 29.Resultados de aplicación de Fp según NSR-10

Como se vio en el cálculo anterior, en este caso el cortante crítico es en los muros de 15 cm, y hay gran resistencia al cortante por el ancho de los muros.

En consecuencia, se procederá a seguir los requerimientos de A.10 para poder realizar una comparación adecuada.
A partir de esto, se calculan los índices de sobre esfuerzo para estos elementos, según A.10.4.3.2 de NSR-10.

Se tiene en cuenta el cálculo de la resistencia efectiva según los coeficientes de reducción de la tabla A.10.4-1 de NSR-10, y se realiza el cálculo de estos índices para la resistencia inicial asumida y la efectiva. Donde la resistencia asumida inicialmente es 70 kN/m2, y la efectiva resulta de multiplicar la asumida inicialmente por los coeficientes 0.80 por la calidad del diseño inicial (regular), y 0.60 por el estado actual (malo) de la edificación, con un valor final de 33.60 kN/m2.

Debe anotarse que las solicitaciones equivalentes en este caso corresponden a las mismas calculadas, ya que el coeficiente de capacidad de disipación de energía R' no es afectado por irregularidades en la edificación y por lo tanto es igual a Ro=1.0 tomado de la tabla A.3-1 de NSR-10 para un sistema estructural de muros de carga, más específicamente muros de mampostería no reforzada.
Además, según el literal A.10.4.2.4 (d) para este sistema, R' debe ser igual a 1.0, y por lo tanto las solicitaciones equivalentes estarán divididas en 1.0 y serán las mismas calculadas.

En la tabla 30 se presenta el cálculo de los índices de sobre esfuerzo respectivos y además de esto se debe hacer la salvedad de que se calcula el índice para el valor de resistencia al cortante de 70 kN/m^2 y de 33.60 kN/m^2, para poder ver las diferencias al tomar la resistencia asumida de acuerdo a los valores por defecto de ASCE/SEI 31-03 contra la reducción de la misma por los factores de la tabla A.10.4-1, así se subrayan en rojo los índices por encima de 1.0 ya que son estos los que presentan una mayor solicitación contra la resistencia del elemento.

		DIMENSIONES					Nef=33.60 KN/m2	Nef=70.00 KN/m2		Nef=33.60 KN/m2	Nef=70.00 KN/m2
Tipo ENE	UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	Fp asignado (kN)	τ a(kN/m2)	I.Sobre esfuerzo a	I.Sobre esfuerzo a	τ b(kN/m2)	I.Sobre esfuerzo b	I.Sobre esfuerzo b
Muros URM	1er piso en X	3.1	0.3	3	18.872	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.15	0.3	3	19.176	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.35	0.15	3	4.109	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.35	0.15	3	4.109	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.35	0.15	3	4.109	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.35	0.15	3	4.109	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.6	0.45	3	14.610	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.1	0.45	3	10.045	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	0.7	0.45	3	6.392	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.85	0.15	3	11.719	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.1	0.15	3	3.348	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.9	0.3	3	29.830	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.68	0.3	3	28.490	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	2.35	0.3	3	14.306	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.12	0.3	3	25.081	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	0.7	0.45	3	6.392	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.13	0.3	3	25.142	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.23	0.3	3	7.488	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.8	0.3	3	10.958	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	2.81	0.3	3	17.106	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	1.25	0.3	3	7.610	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.52	0.3	3	21.429	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.43	0.3	3	26.968	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.29	0.3	3	20.028	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	0.81	0.3	3	4.931	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.82	0.3	3	23.255	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	4.43	0.3	3	26.968	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.1	0.3	3	18.872	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.13	0.3	3	19.054	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en X	3.67	0.3	3	22.342	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145

Muros URM	1er piso en X	4.43	0.15	3	13.484	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	17.58	0.3	3	107.021	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.13	0.3	3	6.879	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	0.85	0.3	3	5.175	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.8	0.3	3	17.045	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	0.9	0.3	3	5.479	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	22.25	0.3	3	135.450	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.78	0.45	3	16.254	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.98	0.3	3	18.141	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	3.7	0.3	3	22.524	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.15	0.3	3	7.001	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.8	0.3	3	17.045	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.5	0.15	3	4.566	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.6	0.15	3	7.914	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.55	0.45	3	23.285	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.98	0.3	3	18.141	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.45	0.3	3	8.827	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	6.15	0.3	3	37.439	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.8	0.3	3	17.045	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.6	0.15	3	13.689	17.540	0.522	0.251	17.560	0.523	0.251
Muros URM	1er piso en Y	1.5	0.15	3	4.566	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.5	0.3	3	15.219	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	0.73	0.3	3	4.444	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	3.53	0.3	3	21.489	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.2	0.3	3	7.305	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.15	0.3	3	7.001	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	22.25	0.3	3	135.450	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	12.43	0.3	3	75.670	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	1.23	0.3	3	7.488	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	0.98	0.3	3	5.966	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	1er piso en Y	2.1	0.15	3	6.392	10.136	0.302	0.145	10.156	0.302	0.145
Muros URM	2do piso en X	3.1	0.3	3	55.486	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	3.15	0.3	3	56.381	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426

Muros URM	2do piso en X	2.2	0.45	3	59.066	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.68	0.3	3	83.766	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	5.5	0.3	3	98.443	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	3.97	0.3	3	71.058	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.13	0.3	3	73.922	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	3.52	0.3	3	63.004	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	3.52	0.3	3	63.004	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.43	0.3	3	79.291	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4	0.3	3	71.595	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.2	0.3	3	75.175	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	2.82	0.3	3	50.474	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.43	0.3	3	79.291	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.9	0.3	3	87.704	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	3.82	0.3	3	68.373	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	4.73	0.3	3	84.661	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	5.5	0.3	3	98.443	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	0.4	0.3	3	7.160	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en X	1.35	0.15	3	12.082	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	13.6	0.3	3	243.423	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	2.1	0.3	3	37.587	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.13	0.3	3	20.226	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	0.85	0.3	3	15.214	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	0.4	0.3	3	7.160	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	0.85	0.3	3	15.214	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	2	0.3	3	35.798	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	22.25	0.3	3	398.247	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	3.5	0.15	3	31.323	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	5.65	0.3	3	101.128	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	7.55	0.3	3	135.136	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	2.98	0.3	3	53.338	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.8	0.3	3	32.218	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	3.5	0.15	3	31.323	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	4.3	0.3	3	76.965	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426

Muros URM	2do piso en Y	7.55	0.3	3	135.136	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.05	0.3	3	18.794	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	2.8	0.3	3	50.117	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.28	0.3	3	22.910	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	0.88	0.3	3	15.751	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.1	0.3	3	19.689	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.58	0.3	3	28.280	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	1.16	0.3	3	20.763	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	0.46	0.3	3	8.233	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	22.25	0.3	3	398.247	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Muros URM	2do piso en Y	12.43	0.3	3	222.481	29.830	0.888	0.426	29.833	0.888	0.426
Parapeto URM	1er piso en X	3.13	0.3	1.2	15.634	16.650	0.496	0.238			
Parapeto URM	2do piso en X	2.65	0.15	0.9	17.787	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en X	1	0.3	0.9	13.424	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en X	2.33	0.3	0.9	31.278	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en X	1.2	0.3	0.9	16.109	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en X	1.65	0.45	0.9	33.225	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en X	1.65	0.45	0.9	33.225	44.747	1.332	0.639			
Parapeto URM	2do piso en Y	1	0.3	0.9	13.424	44.747	1.332	0.639			

Tabla 30. Determinación de índices de sobre esfuerzos.

Así, se evidencia que hay un sobre esfuerzo en los parapetos cuando se reduce la resistencia por los factores, con valor de 1.332 que aunque es mayor que 1, no es alto, sabiendo que no se tiene ningún anclaje existente.

Pero aun así el resto cumple para ambos casos, lo que permite concluir que a consecuencia de los anchos de muro, existe una gran resistencia del elemento al cortante.

MODELO DINÁMICO:

El modelo dinámico trabajado, corresponde a uno con vibración forzada con amortiguamiento del 5%.

Para esto se calculó la frecuencia angular de la carga por efectos del sismo, y del elemento no estructural y la relación entre ambas β, a partir de ello se calculó el factor de amplificación dinámica D con la ecuación (23), y el desplazamiento estático máximo $\boldsymbol{\rho}$ con la ecuación (24) para compararlo con la deriva admitida según A.6 de NSR-10 0.5% de la altura de piso para mampostería.

$$D = \frac{1}{\sqrt{(1-\beta^2)^2 + (2\varepsilon\beta)^2}} \tag{23}$$

$$\rho = \frac{Fp}{K} * D \tag{24}$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla (tabla 31).

Tipo ENE	UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	Fp Asignado (kN)	E (Kpa)	I (m4)	L (m)	K eq. (kN/m)	ω (rad/seg)	β	D	ρ (m)	% Deriva	Chequeo
Muros URM	1er piso X	3.10	0.30	3.00	53.75	5250000.00	0.007	3.00	16275.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.15	0.30	3.00	54.61	5250000.00	0.007	3.00	16537.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3.00	11.70	5250000.00	0.000	3.00	885.94	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3.00	11.70	5250000.00	0.000	3.00	885.94	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3.00	11.70	5250000.00	0.000	3.00	885.94	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	1.35	0.15	3.00	11.70	5250000.00	0.000	3.00	885.94	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	1.60	0.45	3.00	41.61	5250000.00	0.012	3.00	28350.00	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.10	0.45	3.00	28.61	5250000.00	0.008	3.00	19490.63	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.70	0.45	3.00	18.20	5250000.00	0.005	3.00	12403.13	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.85	0.15	3.00	33.37	5250000.00	0.001	3.00	2526.56	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	1.10	0.15	3.00	9.54	5250000.00	0.000	3.00	721.88	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso X	4.90	0.30	3.00	84.95	5250000.00	0.011	3.00	25725.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.68	0.30	3.00	81.14	5250000.00	0.011	3.00	24570.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.35	0.30	3.00	40.74	5250000.00	0.005	3.00	12337.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.12	0.30	3.00	71.43	5250000.00	0.009	3.00	21630.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.70	0.45	3.00	18.20	5250000.00	0.005	3.00	12403.13	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple

Muros URM	1er piso X	4.13	0.30	3.00	71.60	5250000.00	0.009	3.00	21682.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.23	0.30	3.00	21.33	5250000.00	0.003	3.00	6457.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.80	0.30	3.00	31.21	5250000.00	0.004	3.00	9450.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	2.81	0.30	3.00	48.72	5250000.00	0.006	3.00	14752.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	1.25	0.30	3.00	21.67	5250000.00	0.003	3.00	6562.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.52	0.30	3.00	61.03	5250000.00	0.008	3.00	18480.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.30	3.00	76.81	5250000.00	0.010	3.00	23257.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.29	0.30	3.00	57.04	5250000.00	0.007	3.00	17272.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	0.81	0.30	3.00	14.04	5250000.00	0.002	3.00	4252.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.82	0.30	3.00	66.23	5250000.00	0.009	3.00	20055.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.30	3.00	76.81	5250000.00	0.010	3.00	23257.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.10	0.30	3.00	53.75	5250000.00	0.007	3.00	16275.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.13	0.30	3.00	54.27	5250000.00	0.007	3.00	16432.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	3.67	0.30	3.00	63.63	5250000.00	0.008	3.00	19267.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso X	4.43	0.15	3.00	38.40	5250000.00	0.001	3.00	2907.19	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso Y	17.58	0.30	3.00	304.80	5250000.00	0.040	3.00	92295.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.13	0.30	3.00	19.59	5250000.00	0.003	3.00	5932.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.85	0.30	3.00	14.74	5250000.00	0.002	3.00	4462.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.80	0.30	3.00	48.55	5250000.00	0.006	3.00	14700.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.90	0.30	3.00	15.60	5250000.00	0.002	3.00	4725.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.25	0.30	3.00	385.76	5250000.00	0.050	3.00	116812.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.78	0.45	3.00	46.29	5250000.00	0.014	3.00	31539.38	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.30	3.00	51.67	5250000.00	0.007	3.00	15645.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.70	0.30	3.00	64.15	5250000.00	0.008	3.00	19425.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.30	3.00	19.94	5250000.00	0.003	3.00	6037.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple

Muros URM	1er piso Y	2.80	0.30	3.00	48.55	5250000.00	0.006	3.00	14700.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.50	0.15	3.00	13.00	5250000.00	0.000	3.00	984.38	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso Y	2.60	0.15	3.00	22.54	5250000.00	0.001	3.00	1706.25	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso Y	2.55	0.45	3.00	66.32	5250000.00	0.019	3.00	45182.81	83.43	0.25	1.06	0.0016	0.05%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.98	0.30	3.00	51.67	5250000.00	0.007	3.00	15645.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.45	0.30	3.00	25.14	5250000.00	0.003	3.00	7612.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	6.15	0.30	3.00	106.63	5250000.00	0.014	3.00	32287.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.80	0.30	3.00	48.55	5250000.00	0.006	3.00	14700.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.60	0.15	3.00	47.51	5250000.00	0.001	3.00	1706.25	27.09	0.75	2.29	0.0637	1.87%	No cumple
Muros URM	1er piso Y	1.50	0.15	3.00	13.00	5250000.00	0.000	3.00	984.38	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	1er piso Y	2.50	0.30	3.00	43.34	5250000.00	0.006	3.00	13125.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.73	0.30	3.00	12.66	5250000.00	0.002	3.00	3832.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	3.53	0.30	3.00	61.20	5250000.00	0.008	3.00	18532.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.20	0.30	3.00	20.81	5250000.00	0.003	3.00	6300.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.15	0.30	3.00	19.94	5250000.00	0.003	3.00	6037.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	22.25	0.30	3.00	385.76	5250000.00	0.050	3.00	116812.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	12.43	0.30	3.00	215.51	5250000.00	0.028	3.00	65257.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	1.23	0.30	3.00	21.33	5250000.00	0.003	3.00	6457.50	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	0.98	0.30	3.00	16.99	5250000.00	0.002	3.00	5145.00	55.62	0.37	1.16	0.0038	0.11%	Cumple
Muros URM	1er piso Y	2.10	0.15	3.00	18.20	5250000.00	0.001	3.00	1378.13	27.81	0.74	2.15	0.0284	0.83%	No cumple
Muros URM	2do piso X	3.10	0.30	3.00	107.49	5250000.00	0.007	3.00	16275.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.15	0.30	3.00	109.23	5250000.00	0.007	3.00	16537.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.20	0.45	3.00	114.43	5250000.00	0.017	3.00	38981.25	83.43	0.25	1.06	0.0031	0.09%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.68	0.30	3.00	162.28	5250000.00	0.011	3.00	24570.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.50	0.30	3.00	190.71	5250000.00	0.012	3.00	28875.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple

Muros URM	2do piso X	3.97	0.30	3.00	137.66	5250000.00	0.009	3.00	20842.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.13	0.30	3.00	143.21	5250000.00	0.009	3.00	21682.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.52	0.30	3.00	122.06	5250000.00	0.008	3.00	18480.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.52	0.30	3.00	122.06	5250000.00	0.008	3.00	18480.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.43	0.30	3.00	153.61	5250000.00	0.010	3.00	23257.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.00	0.30	3.00	138.70	5250000.00	0.009	3.00	21000.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.20	0.30	3.00	145.64	5250000.00	0.009	3.00	22050.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	2.82	0.30	3.00	97.78	5250000.00	0.006	3.00	14805.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.43	0.30	3.00	153.61	5250000.00	0.010	3.00	23257.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.90	0.30	3.00	169.91	5250000.00	0.011	3.00	25725.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	3.82	0.30	3.00	132.46	5250000.00	0.009	3.00	20055.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	4.73	0.30	3.00	164.01	5250000.00	0.011	3.00	24832.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	5.50	0.30	3.00	190.71	5250000.00	0.012	3.00	28875.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	0.40	0.30	3.00	13.87	5250000.00	0.001	3.00	2100.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso X	1.35	0.15	3.00	23.41	5250000.00	0.000	3.00	885.94	27.81	0.74	2.15	0.0567	1.67%	No cumple
Muros URM	2do piso Y	13.60	0.30	3.00	471.58	5250000.00	0.031	3.00	71400.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.10	0.30	3.00	72.82	5250000.00	0.005	3.00	11025.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.13	0.30	3.00	39.18	5250000.00	0.003	3.00	5932.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.30	3.00	29.47	5250000.00	0.002	3.00	4462.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.40	0.30	3.00	13.87	5250000.00	0.001	3.00	2100.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.85	0.30	3.00	29.47	5250000.00	0.002	3.00	4462.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.00	0.30	3.00	69.35	5250000.00	0.005	3.00	10500.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.30	3.00	771.53	5250000.00	0.050	3.00	116812.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.50	0.15	3.00	60.68	5250000.00	0.001	3.00	2296.88	27.81	0.74	2.15	0.0567	1.67%	No cumple
Muros URM	2do piso Y	5.65	0.30	3.00	195.92	5250000.00	0.013	3.00	29662.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple

Muros URM	2do piso Y	7.55	0.30	3.00	261.80	5250000.00	0.017	3.00	39637.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.98	0.30	3.00	103.33	5250000.00	0.007	3.00	15645.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.80	0.30	3.00	62.42	5250000.00	0.004	3.00	9450.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	3.50	0.15	3.00	60.68	5250000.00	0.001	3.00	2296.88	27.81	0.74	2.15	0.0567	1.67%	No cumple
Muros URM	2do piso Y	4.30	0.30	3.00	149.10	5250000.00	0.010	3.00	22575.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	7.55	0.30	3.00	261.80	5250000.00	0.017	3.00	39637.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.05	0.30	3.00	36.41	5250000.00	0.002	3.00	5512.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	2.80	0.30	3.00	97.09	5250000.00	0.006	3.00	14700.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.28	0.30	3.00	44.38	5250000.00	0.003	3.00	6720.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.88	0.30	3.00	30.51	5250000.00	0.002	3.00	4620.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.10	0.30	3.00	38.14	5250000.00	0.002	3.00	5775.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.58	0.30	3.00	54.79	5250000.00	0.004	3.00	8295.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	1.16	0.30	3.00	40.22	5250000.00	0.003	3.00	6090.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	0.46	0.30	3.00	15.95	5250000.00	0.001	3.00	2415.00	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	22.25	0.30	3.00	771.53	5250000.00	0.050	3.00	116812.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Muros URM	2do piso Y	12.43	0.30	3.00	431.01	5250000.00	0.028	3.00	65257.50	55.62	0.37	1.16	0.0076	0.22%	Cumple
Parapeto URM	1er piso X	3.13	0.30	1.20	20.27	5250000.00	0.007	1.20	64189.45	173.80	0.12	1.01	0.0003	0.01%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	2.65	0.15	0.90	6.89	5250000.00	0.001	0.90	16102.43	154.49	0.13	1.02	0.0004	0.01%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	1.00	0.30	0.90	5.20	5250000.00	0.002	0.90	48611.11	308.98	0.07	1.00	0.0001	0.00%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	2.33	0.30	0.90	12.12	5250000.00	0.005	0.90	113263.89	308.98	0.07	1.00	0.0001	0.00%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	1.20	0.30	0.90	6.24	5250000.00	0.003	0.90	58333.33	308.98	0.07	1.00	0.0001	0.00%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.90	12.87	5250000.00	0.013	0.90	270703.13	463.47	0.04	1.00	0.0000	0.00%	Cumple
Parapeto URM	2do piso X	1.65	0.45	0.90	12.87	5250000.00	0.013	0.90	270703.13	463.47	0.04	1.00	0.0000	0.00%	Cumple
Parapeto URM	2do piso Y	1.00	0.30	0.90	5.20	5250000.00	0.002	0.90	48611.11	308.98	0.07	1.00	0.0001	0.00%	Cumple

Tabla 31. Resultados de aplicación de Fp modelo dinámico.

En este modelo dinámico confirma lo que se había encontrado a partir de los modelos estáticos anteriores, la rigidez de la estructura depende de la magnitud de sus muros y por tanto se presentan derivas muy pequeñas, y sólo hay falla en los muros de espesor de 15 cm, confirmando este resultado.

6.6.2 LISTAS DE VERIFICACIÓN EJECUTADAS.

Se ejecutó la lista de verificación intermedia no estructural contenida en el anexo 6 y se realizaron las revisiones cuantitativas de elementos no estructurales para los muros en mampostería no reforzada que hacen parte del sistema no estructural, dichas listas se encuentran contenidas en el anexo 6.

6.6.3 RESUMEN DE DEFICIENCIAS.

LISTA DE VERIFICACIÓN FASE 2: NO ESTRUCTURAL

- Revestimiento y acristalamiento
    - Acristalamiento: El acristalamiento exterior es mayor a 1,48 m², está encima de los 30 cm del suelo peatonal y no es de tipo arquitectónico o templado.
- Ductos
    - Ductos de humo y escalera: Existe un ducto en aluminio para evacuación de humo con anclajes deficientes (varillas de empotradas en los muros que funcionan cómo apoyo simple al ducto)

6.7 INFORME DE PATOLOGÍAS.

El desarrollo de la evaluación patológica para el caso de estudio se da como complemento al análisis del desempeño estructural de la edificación, con énfasis en el comportamiento de los elementos no estructurales para garantizar el objetivo del documento, verificando que la falla de los elementos puede darse no solo por deficiencias en el diseño y la construcción, sino también debidas a daños en los materiales y al efecto del entorno y el medio ambiente en dichos elementos.

En ese orden, se realizó la inspección de patologías simultánea a la fase 1 de la evaluación sísmica, realizando una revisión inicial de tipo visual, que dio como resultado un registro fotográfico detallado del estado de la construcción. Las fotografías tomadas se organizaron en fichas de descripción patológica con una

disposición que permita la comprensión por parte de personas ajenas al ramo de la construcción, por ejemplo los propietarios de las viviendas. La estructura de las tablas de revisión patológica es:

- Identificación del elemento constructivo afectado dentro de la clasificación de elementos no estructurales de la ASCE/SEI 31-03, con un espacio adicional para los elementos afectados que sean estructurales
- Manifestación típica de la patología expuesta con una fotografía detallada resaltando el área de afectación
- Identificación del daño, basado en el libro de *Patologías de la construcción de Carles Broto*[38] dependiendo de las muestras generales y el contexto del deterioro
- Una descripción detallada muy subjetiva del daño anotando dimensiones, características significativas, tonos, formas, patrones, texturas y una descripción general del entorno del daño.
- Una o varias hipótesis sobre la causa del daño basada en la descripción realizada, justificando los motivos por los que pudo darse la patología. Este espacio depende mucho de la entrevista realizada con el propietario del inmueble o con personas con relación directa y prolongada con la edificación
- Las observaciones sobre el daño a que haya cabida en la exposición de la patología y de ser posible o relevante, una pequeña descripción del proceso de rehabilitación, es decir, mantenimiento, reparación o reconstrucción

Realizando este proceso de verificación, se agruparon las afectaciones encontradas en la edificación para definir tablas tipológicas de daño en aquellas que son repetitivas a lo largo de la inspección. La descripción de la rehabilitación se realiza cómo un componente adicional a la finalidad del documento, dado que el destinatario interesado en el informe final de inspección debe estar en la capacidad de conocer el estado real del comportamiento de la edificación y

[38] BROTO, CARLES; Tratado de la construcción. Patologías de los materiales; Editorial Links; Barcelona, España; 2006.

disponer de las herramientas necesarias para emprender el proceso de adecuación.

Debido a que el objetivo del documento es la complementación del reglamento NSR-10 para el cumplimiento real y justo de sus propósitos generales, se expone el daño patológico como uno de los principales actores en la falla de los elementos al momento de preservar la vida y el capital de las personas en el evento de un sismo y se concluye que este proceso debe realizarse de la mano con cualquier tipo de análisis de vulnerabilidad sísmica que se haga a las edificaciones existentes, siendo conveniente también su inclusión directa en el contenido del reglamento NSR-10.

Las fichas de revisión patológica se encuentran consignadas en el anexo 6, *Tablas de análisis patológico*.

6.8 INFORME FINAL DE EVALUACIÓN.

A continuación se presentan las determinaciones finales sobre los resultados de los diferentes niveles de inspección descritos en las secciones 6.5.4 para fase 1 y 6.6.3 para fase 2:

6.8.1 INFORME FASE 1

- Verificación estructural:

  Resultados de comprobaciones rápidas:

  - Esfuerzo cortante en muros a cortante

    Se encuentra una falencia en esta primera comprobación, ya que el cortante para los muros en sentido X, es mayor a 0.25 MPa y se debe anotar que no cumple según la lista de verificación básica estructural.

    Aunque el valor es cercano al límite máximo de 0.21 MPa, es necesario tomar en cuenta que no existe anclaje y que la resistencia al cortante hallado depende del espesor de los muros, en este sentido, se debe hacer los respectivos anclajes y confinamientos de muro como se expone en las recomendaciones finales.

- Fuerzas de conexión del diafragma flexible:

Aunque es claro que no existen pasadores para garantizar la conexión del diafragma, al momento de realizar la rehabilitación se deben considerar las fuerzas de conexión que se han calculado con los procedimientos expuestos.

- Desplazamientos de la estructura (Deriva)

Este aspecto cumple al ser menor al 0.50% de la altura de piso (hpi), en razón de la gran rigidez adquirida por los anchos de sus muros.

- Chequeo de irregularidades:

Debido al diseño arquitectónico y la disposición de los muros continuos en altura, no existen irregularidades.

- Verificación de longitud de muros mínima:

Se presenta una particularidad en esta comprobación, ya que a pesar de que los muros son lo suficientemente largos y anchos para garantizar la longitud mínima, hay una distribución poco adecuada de los mismos.

Esto puede deberse en gran medida a que parte de la zona sur de la casa se encuentra arrendada (como se mencionó), no se tuvo en cuenta los muros correspondientes a estas zonas afectado considerablemente la verificación de la simetría, pero a pesar de ello los valores no están considerablemente alejados en sentido Y, pero si en X.

- Se encontraron fallas en el sistema de construcción:

- Deterioro de la madera: Cómo se ha mencionado durante el desarrollo de la evaluación, se presentan evidencias de un incendio que afectó gravemente la estructura, cómo se puede observar en la siguiente fotografía.



Ilustración 12. Evidencias de incendio en vigas y cielo rasos

Debido a que la evidencia del incendio no ocupa la totalidad de la estructura, es presumible que este pudo ser controlado, no sin antes causar el deterioro mencionado a vigas y viguetas de madera, así como a la estructura inflamable del entrepiso. Estructuralmente, la pérdida funcional de capas exteriores en los elementos de madera conlleva a una disminución de la inercia, y por tanto la capacidad portante.

Otra evidencia de deterioro de los elementos de madera corresponde a la pudrición detectada en diversas vigas y cielo rasos a lo largo de la edificación, cómo se puede apreciar en la siguiente fotografía



Ilustración 13. Evidencia de humedad y pudrición en estructuras de madera

Es apreciable el nivel de daño causado por la presencia combinada de insectos y humedad en la estructura. En este caso, el factor afectado en la madera es directamente la rigidez de la sección, que también disminuye la resistencia a corte y compresión del elemento.

En este caso, lo más recomendable, teniendo en cuenta el alcance de la fase 1 de inspección es el reemplazo total de los elementos afectados.

- Juntas de mampostería: El principal signo de daño de estos elementos es la facilidad con que pueden ser desprendidos del conjunto de mampostería. En este caso, se usó un elemento rígido y contundente (puede ser una moneda en cualquier caso) con el que se frotó la superficie del mortero de

pega y se evidenció que se desprendía con facilidad, cómo se ve en la siguiente fotografía.



Ilustración 14. Desprendimiento de mortero de pega en muros de mampostería

Estructuralmente, este tipo de falla genera un problema de inconsistencia en el funcionamiento en conjunto de las hiladas de mampostería debida a la falta de adherencia entre las unidades, es decir, un tipo de falla de deslizamiento[39]. Para este tipo de problema, la solución más recomendable es la adición de una malla de tejido en fibra de carbono recubriendo la estructura, anclada al muro y al piso.

[39] PAEZ, PARRA, MONTAÑO. Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería. Revista ingenierías. Universidad de Medellín. 2009

- Anclaje de los muros: No se evidenció la existencia de ningún tipo de arrostramiento en los muros tipo URM o anclajes tanto en la parte superior cómo inferior del muro, como se aprecia en la siguiente fotografía



Ilustración 15. Apoyo de placa de entrepiso en muros del primer piso

Se puede observar que tanto el entrepiso cómo los muros del primer y segundo piso están simplemente apoyados y sin ningún tipo de anclaje. Esta falencia representa un problema durante el comportamiento sísmico de la estructura, siendo que el muro cómo unidad estructural tiene mayor posibilidad de volcarse si no se encuentra arriostrado tanto arriba cómo abajo.

Una recomendación útil para solucionar este inconveniente, además del mismo reforzamiento para juntas de mampostería es la inclusión de un

reforzamiento externo de tipo estructural para los muros, que puede ser pañete reforzado o confinamiento de los muros con columnetas, dado que el sistema existente es en mampostería maciza.

- Verificación no estructural:
  Se encontraron fallas en los elementos no estructurales.

- Particiones: No se encontraron arrostramientos cómo los sugeridos en la norma ASCE o de ningún tipo. En este caso, dado que el sistema estructural es de muros de mampostería no reforzada, se presenta el mismo problema que es descrito en la verificación estructural para el anclaje del muro. En este caso, la solución de la inconformidad no estructural es la misma que para el componente estructural.

- Tuberías: Se presentan problemas dado que los acoples (tees y codos) de las redes de suministro de gas y agua potable son rígidas. En este caso, la solución es sustituir los elementos rígidos.

Debido a la complejidad y la edad de la edificación, no se encontraron elementos no estructurales diferentes a la estructura de cielo raso y particiones (mampostería no reforzada), por lo tanto, no existen revestimientos ni acristalamientos diferentes a las ventanas convencionales. A pesar de que no es necesario remitirse a la revisión con las tablas del componente no estructural para este nivel de desempeño o sismicidad, se encuentra que este aspecto no es contemplado en la lista de verificación no estructural básica y si lo es en la estructural complementaria, que no es un requisito de cumplimiento, por lo que se evidencia una posible deficiencia, que puede ser subsanada por decisión del propietario.

6.8.2 INFORME FASE 2

- Verificación no estructural
  Se encontraron fallas en los elementos no estructurales

- Revestimiento y acristalamiento: Los vidrios de la fachada en el segundo piso del edificio son de tipo sencillo, sostenidos por una adhesión de silicona para ventanas. La norma sugiere que el acristalamiento de las fachadas que se encuentre por encima de los 30 cm del suelo en zonas peatonales sean no fracturantes o que sean capaces de mantenerse en el marco en caso de fallar, por lo que no se puede aprobar la existencia de este tipo de vidrios a una elevación de hasta 7 metros por encima del nivel peatonal.

  Adicionalmente, la norma sugiere la realización de análisis o pruebas dinámicas de capacidad para los vidrios existentes que permita verificar si son capaces de soportar la deriva esperada de la edificación o efectivamente se requiere su reemplazo total por vidrios de mayor soporte. El análisis dinámico provee también las posibles características de resistencia de un vidrio que vaya a reemplazar al existente.

- Ductos: En este caso la norma sugiere que los ductos existentes se encuentren arriostrados, aunque no da un parámetro de capacidad del arrostramiento o un espaciamiento mínimo; sin embargo, el único ducto de control de humo que se encontró en la edificación se encontraba simplemente apoyado sobre varillas de diámetros diversos empotradas en los muros y algunos ángulos pernados o atornillados.



Ilustración 16. Anclaje de ductos para control de humos

La solución más viable en este caso es realizar un empotramiento real del ducto, bien sea mediante puntos de soldadura a los elementos anclados (siempre y cuando se verifique la calidad del anclaje y la capacidad de soporte de dichos elementos) o con la instalación de soportes roscados destinados específicamente al soporte de dicho ducto.

En cuanto a la evaluación cuantitativa de los elementos deficientes de la revisión de fase 1 se tomaron las siguientes consideraciones:

Dado que se asumió un modelo doblemente empotrado para los muros de mampostería y se encontró que en su mayoría cumplen con la deriva esperada (menor al 0.5 % de la altura de piso), pero se tiene presente que no hay una adecuada unión ni en la base ni en el techo que garantice el empotramiento asumido en el modelo y por lo tanto la recomendación de anclaje y de

reforzamiento del muro tal cómo se sugirió en la fase 1, se ratifican dichas recomendaciones, debido a que permitirían que la estructura no sufriera modificaciones mayores, sino que se garantice únicamente el anclaje a los diafragmas de piso y techo para volver la edificación completamente funcional.

Resultados de la aplicación de la fuerza sísmica:

Para la evaluación por flexión, se da como resultado un total **NO** cumplimiento ya que como se determinó en FASE 1, no existe ningún tipo de anclaje, y como por suposición básica de diseño de muros en mampostería, ésta no aporta a esfuerzos de tensión, y en consecuencia se debe diseñar un anclaje que debe ir de acuerdo a las recomendaciones finales, tal que soporte las solicitaciones para el momento obtenido.

Es importante reconocer la importancia del ancho de los muros existentes en la rigidez de la edificación y por tanto al momento de realizar los procedimientos de rehabilitación se debe tener en cuenta el plano correspondiente a los muros continuos para confinarlos y anclarlos adecuadamente.

- Verificación resistencia al cortante según ASCE 31-03:

De estos resultados se evidencia que existe una alta resistencia al cortante a pesar de no haber anclaje, que se debe a la ancho de sus muros. Los valores máximos se presentan en los muros de ancho de 15 cm.

- Verificación resistencia al cortante según NSR-10:

Al realizarse de dos maneras, comparando la resistencia al corte de los elementos con la máxima calculada, y calculando los índices de sobre esfuerzo, se obtiene una conclusión general.

Como se vio en el cálculo según ASCE 31-03, en este caso el cortante crítico también es en los muros de 15 cm, y hay gran resistencia al cortante por el ancho de los muros.

Al calcular los índices de sobre esfuerzo con 70 kN/m2 y 33.6 kN/m2 se evidencia que hay un sobre esfuerzo en los parapetos cuando se reduce la resistencia por los factores, con valor de 1.332 que aunque es mayor que 1, no es alto, teniendo en cuenta que no se tiene ningún anclaje existente. Pero aun así el resto cumple para ambos casos, lo que permite concluir que a consecuencia de los anchos de muro, existe una gran resistencia del elemento al cortante.

6.8.3 INFORME FASE 3

El nivel de evaluación de fase tres no se realizó para los elementos no estructurales debido a los alcances de la norma ASCE/SEI 31-03. En todo caso, basado en lo descrito en el anexo 5.2.3.4 sobre los casos especiales en que se recomienda esta fase complementaria de análisis, al final de la fase 2 de revisión se determinó que es recomendable un estudio de fase 3 en el contexto del presente caso de estudio basado en los siguientes preceptos:

- Se realizó una evaluación patológica complementaria a la fase 2 de revisión que arrojó resultados preocupantes sobre el estado actual real de la edificación. Independientemente de que los cálculos realizados hubieran mostrado resultados aceptables, el estado de los materiales representa un peligro potencial para la preservación de la vida aún en zonas de sismicidad intermedia.
- Aunque la verificación de la capacidad de los muros de mampostería no reforzada exhibió un comportamiento aceptable dentro de los parámetros de la ASCE/SEI 31-03 e incluso de los dictados por el reglamento NSR-10 para derivas y esfuerzos cortantes (esto bajo la hipótesis de que este cumplimiento teórico se debe principalmente al espesor de los muros, lo

que aporta una cantidad significativa de inercia a la estructura), se prevé que las capacidades reales de los materiales de dichos muros no son las aptas con que se calculó el comportamiento de la estructura y por lo tanto es necesario determinar mediante ensayos de campo y laboratorio las resistencias reales de los materiales de los muros.

- La evidencia de un incendio en la estructura y de una gran afectación a las capas exteriores de los elementos de madera que sufrieron el mayor impacto de esta conflagración es suficiente para suponer que se ha visto directamente afectada la inercia de dichos elementos y por lo tanto es recomendable un estudio más detallado de cada una de las vigas de madera de entrepiso afectadas por el fuego para conocer sus características reales de inercia y de resistencias a cortante y momento flector.
- Finalmente, la simple determinación aproximada de la edad de la estructura, que la ubica en inicios del siglo XX o finales del XIX da pie para sugerir una serie de ensayos a los materiales de toda la edificación, especialmente a las vigas de entrepiso, a la placa misma de entrepiso con un entramado en guadua, al estado de anclaje de todos los cielo rasos en yeso existentes en la edificación y al estado de los pisos construidos, de forma que se den los parámetros reales de la escala necesaria de intervención en la estructura y fije los estándares y procedimientos de rehabilitación con que se podría modificar la estructura.

Una vez se hayan sometido estas consideraciones al criterio de un profesional con experiencia en rehabilitación de estructuras, en análisis de patologías o a evaluación de edificaciones existentes, se pueden definir las condiciones generales de rehabilitación, restauración y mantenimiento.

6.9 RECOMENDACIONES DE REHABILITACIÓN

6.9.1 SUSTITUCIÓN TOTAL DE ELEMENTOS AFECTADOS

Siempre que sea técnicamente y económicamente viable, la solución más apropiada para la rehabilitación es el reemplazo total de los elementos que se detectaron cómo defectuosos o susceptibles de falla durante un evento sísmico. Este caso se puede apreciar en los elementos carbonizados del cielo raso, que son de fácil remoción y reemplazo. De hecho una recomendación apropiada es el reemplazo de todos los cielo rasos de yeso sobre camastro de guadua por unos más livianos cómo por ejemplo paneles de yeso o asbesto-cemento, etc.

Durante las revisiones se encontraron además diferentes elementos que pueden ser fácilmente reemplazados sin generar una mayor carga económica y se mencionan a continuación cómo opción apropiada de reemplazo total de elemento:

- Anclajes de los ductos de manejo de humos empotrados en los muros por ángulos de brazo largo atornillados a los muros
- Uniones y cambios de dirección en tuberías de gas de tipo rígido a otras de tipo flexible (al menos inicialmente, ya que se indica en la norma ASCE/SEI 31-03 que lo ideal es que se todas las tuberías de suministro, incluidas redes de acueducto y cableado eléctrico cumplan esta condición)

En todo caso, antes de realizar la sustitución de un elemento constructivo, incluso uno de tipo no estructural, es indicado consultar con un profesional con experiencia en rehabilitación y mantenimiento de obra sobre los procedimientos adecuados para estas labores.

6.9.2 ENSAYOS APLICABLES A MUROS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA

A continuación se enuncian los ensayos que se pueden aplicar en muros de mampostería no reforzada que se recomienda aplicar a la edificación previa a la fase de rehabilitación y reforzamiento de la estructura.

- PRUEBA DE MORTERO IN-SITU

  Se recomienda realizar un ensayo de resistencia al corte del mortero de pega *Vte* para los muros en que se detectó falla por desgaste con mucha facilidad o aquellos que presenten pérdida importante de las juntas de pega. El valor individual de cada prueba de corte en el mortero *Vto* se calculará cómo.

$$Vto = \frac{Vtest}{Ab} - P_{D+L} \quad (25)$$

  Dónde:

  Vtest = Carga en el primer movimiento observado

  Ab = Área de los empalmes con ladrillos por encima y por debajo de la hilada de prueba

  P_{D+L} = Esfuerzo por suma de cargas viva y muerta sobre el elemento al momento de la prueba

  La resistencia al corte en el mortero *Vte* es igual al valor superado por el 80% de las pruebas y en ningún caso menor a 0.21 MPa.

- ENSAYOS A CORTANTE

  Se deben realizar ensayos al corte directo en los muros de mampostería no reforzada *Vme* en casos especiales[40]: Siempre que se tenga evidencia suficiente durante la fase 2 de evaluación de que estos están soportando cargas verticales de la estructura y/o cargas

[40] LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 "evaluación sísmica de edificaciones existentes". Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

horizontales paralelas o perpendiculares al eje del muro. El valor del cortante se puede determinar a partir del valor del cortante del mortero de pega *Vte* analizado previamente cómo:

$$Vm = 0.56Vte + \frac{5163Pd}{An} \quad (26)$$

Dónde:

Vte = Resistencia al corte en el mortero de pega

Pd = Carga muerta puntual ubicada sobre el punto del ensayo

An = Área neta de la sección de muro con mortero (mm²)

El valor mínimo de aceptación para este criterio, asumiendo un valor de f´m según el apéndice 5.2.3.1 se toma cómo

$$Vm = 30\sqrt{f'm} \quad (27)$$

6.9.3 ENSAYOS APLICABLES A VIGAS DE MADERA

Los criterios de aceptación del material para construcciones en madera en Colombia[41] determinan que los elementos en dicho material que estén soportando cargas estructurales, tales como vigas o columnas deben evaluarse para cumplir con las siguientes características:

- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA

  Se realiza este ensayo a una muestra representativa de los elementos que se van a evaluar, en este caso de las vigas de madera de la estructura de entrepiso. No se especifica un volumen apropiado de la muestra pero debe ser suficiente para caber en un horno. A continuación se determina la humedad de la muestra cómo.

[41] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN INCONTEC, Ingeniería civil y arquitectura. Uso de madera en la construcción. NTC 2500, Bogotá D.C., 1997.

$$CH\% = \frac{Ph - P0}{P0} * 100 \quad (28)$$

Dónde:

CH% = Contenido de humedad en porcentaje

Ph = Peso húmedo o natural de la muestra

P0 = Peso seco o anhidro de la muestra

Esta medida permite clasificar la madera dentro de uno de tres grupos:

- Madera verde: CH% > 30
- Madera semi-seca: 18 < CH% < 30
- Madera comercialmente seca: CH% < 18

A continuación se determina la densidad básica de la muestra DB cómo la relación entre la masa seca P0 en gramos y el volumen verde o natural de la muestra, es decir, antes de ser secado en centímetros cúbicos.

La densidad básica medida permite clasificar la muestra dentro de tres grupos:

- Grupo A: DB > 0.71 gr/cm³
- Grupo B: 0.56 < DB > 0.71 gr/cm³
- Grupo C: 0.4 < DB < 0.55 gr/cm³

Esta clasificación de la madera permite determinar el módulo de elasticidad longitudinal del material según la siguiente tabla:

Grupo	E mínimo		E promedio	
	GPa	Kgf/cm²	GPa	kgf/cm²
A	9,32	95 000	12,75	130 000
B	7,35	75 000	9,81	100 000
C	5,39	55 000	8,83	90 000

Tabla 32. Módulo de elasticidad de la madera por grupos de función[42]

[42] Tomado de: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN INCONTEC, Ingeniería civil y arquitectura. Uso de madera en la construcción. NTC 2500, Bogotá D.C., 1997.

- ENSAYO A FLEXIÓN DE UNA VIGA DE MADERA

  Es el ensayo común de flexión en vigas, para lo cual se requiere tomar una muestra representativa de la viga solicitada o de un material similar obtenido de la misma fuente con una longitud indicada L y sección cuadrada de lado igual a 0.075L. Esta muestra se somete a un esfuerzo ubicado perpendicularmente según las siguientes consideraciones.

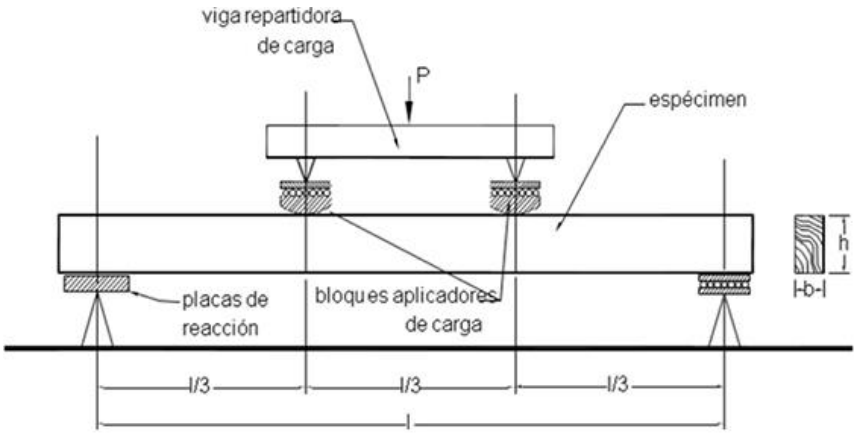


Ilustración 17. Esquema de carga para ensayo a flexión en una viga

La resistencia a flexión se considera como el esfuerzo último resistido por la viga antes de fallar, es decir fisurarse o astillarse. Los criterios determinados de aceptación para la flexión y otras características físicas en la madera están dadas por la siguiente tabla, en función de la clasificación obtenida del inciso anterior.

Grupo	Flexión		Tracción paralela		Compresión paralela		Compresión perpendicular		Corte paralelo		Corte por rodadura	
	(MPa)	(kg/cm^2)	(MPa)	(kg/cm^2)	(MPa)	(kg/cm^2)	(MPa)	(kg/cm^2)	(kPa)	(kg/cm^2)	(kPa)	(kg/cm^2)
A	20,59	210	14,22	145	14,22	145	3,92	40	1 470,99	15	98,07	1
B	14,71	150	10,30	105	10,79	110	2,75	23	1 176,80	12	98,07	1
C	9,81	100	7,35	75	7,85	80	1,47	15	784,53	8	98,07	1

Tabla 33. Criterios de aceptación para las propiedades de la madera

- CARACTERÍSTICAS VISUALES DE ACEPTACIÓN

Otro criterio importante de revisión y aceptación para los elementos de madera que sean aprobados para fungir como elementos estructurales y que se puede aceptar como complemento a la evaluación de nivel 2 expuesta en este documento es la caracterización visual de las vigas en madera.

Estas verificaciones son recomendables para cualquier elemento de madera pero están mejor ajustadas para verificación de vigas. La revisión se hace bajo el precepto de dos criterios de clasificación: la madera de calidad selecta CS que corresponde a los criterios de aceptación para elementos estructurales importantes cómo vigas maestras, columnas, cerchas, etc; y el criterio para madera de calidad común CC que funciona para otros elementos constructivos que no son muy importantes dentro de la estructura como paneles, correas, cortavientos, etc.

	Defecto	Calidad Selecta (CS)	Calidad Común (CC)
1	Dimensión nominal - Espesor - Anchura - Longitud	 máx. 0,03 b máx. 0,05 a máx. 0,01 L	 máx. 0,10 b máx. 0,07 a máx. 0,02 L
2	Alabeos - Abarquillado - Arqueadura - Encorvadura - Torcedura	 < 0,01 a < 0,003 L < 0,003 L < 0,003 L	 < 0,03 a < 0,01 L < 0,01 L < 0,01 L
3	Arista faltante	máx. 0,25 a máx. 0,25 b	máx. 0,4 a máx. 0,4 b
4	Duramen quebradizo	No	No
5	Escamaduras	< 0,1 b < 0,25 L	Aceptable* Aceptable*
6	Falla de compresión	No	No
7	Grano inclinado	máx. 1:8	máx. 1:5
8	Grieta superficial	suma < 0,25 b	suma < 0,5 b
9	Medula	No	No
10	Nudos Nudo sano Nudo hueco Nudos arracimados	 máx. 0,25 a/m máx. 0,12 a/m No	 máx. 0,5 a/m máx. 0,25 a/m Aceptable*
11	Perforaciones Pequeñas Grandes	 máx. 6 perf/100 cm² 3 perf/m	 máx. 18 perf/100 cm² 6 perf/m
12	Pudrición	No	No
13	Rajaduras	Long. máx. = a	Long. máx. = 2a
14	Manchas	No	Aceptable*

Tabla 34. Criterios de calidad para la madera de uso estructural

6.9.4 ENSAYOS APLICABLES A ACRISTALAMIENTO EXTERIOR

- VERIFICACIÓN MANUAL DE SUJECIÓN DEL PANEL DE VIDRIO

  La verificación de la sujeción del vidrio al marco en el acristalamiento exterior se debe realizar para todas las ventanas que se encuentren por encima de los 30 cm del nivel peatonal en la calle. Es este caso se recomienda realizar la misma revisión para las ventanas contiguas a los claustros en el segundo piso, dado que estos espacios funcionan actualmente como áreas de tránsito peatonal para los usuarios de la parte comercial del primer piso y su

funcionalidad también sirve para prevenir incidentes en caso de sismo.

El ensayo consiste básicamente en empujar con las manos el vidrio del marco en la dirección contraria a la pestaña de sujeción del marco como si se tratara de despegar totalmente el vidrio del marco. Se debe realizar este proceso una vez aplicando la fuerza suficiente para mover al menos un poco el vidrio del marco. Si se detecta que el material de pega sale por los lados o se empieza a desprender, es un indicativo de que es necesario despegar los vidrios por fricción para poner una nueva capa de pega.

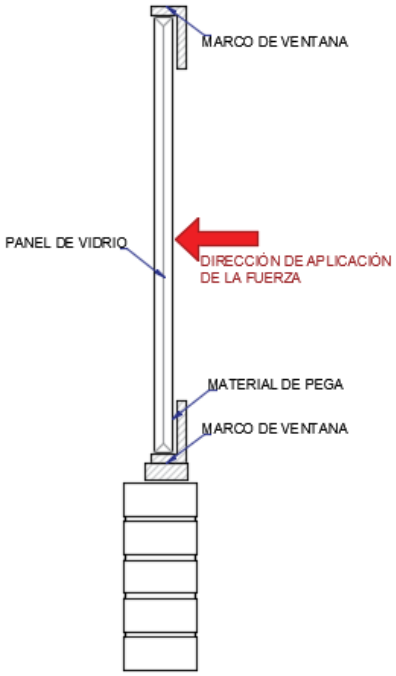


Ilustración 18. Esquema de verificación de paneles de vidrio

La indicación más importante que se hace en la norma ASCE/SEI 31-03 sobre la disposición del acristalamiento es que se debe garantizar que todo tipo de vidrio que se encuentre a más de 30 cm del suelo debe quedar sujeto al marco después de un sismo y para ello sugieren, al menos en zonas de sismicidad alta, que el

acristalamiento sea con vidrio templado de alta resistencia o vidrio arquitectónico. Sin embargo, garantizar esto en muchos casos de rehabilitación es muy poco viable económicamente, por lo que la recomendación más adecuada en estos casos puede ser reemplazar los marcos que existan de una sola pestaña a marcos de doble pestaña en los que el vidrio deba ser encajado y no pegado, garantizando dejar una superficie blanda entre el marco y el vidrio, garantizando el libre desplazamiento entre ambos y el soporte adecuado de la deriva durante un sismo.

6.9.5 CONFINAMIENTO DE MUROS CONTINUOS VERICALMENTE

Esta medida de rehabilitación consiste en construir los elementos estructurales necesarios para que los muros que se encontraron cómo continuos en toda la altura de la edificación queden adecuadamente confinados para que sean capaces de resistir adecuadamente las cargas verticales calculadas para la estructura y las cargas horizontales que se prevén para el evento de un sismo. Se aconseja tomar estas medidas únicamente en los muros continuos verticalmente porque se disminuyen los costos de rehabilitación y el efecto sobre la edificación es mucho mayor.

La fase inicial de diseño se puede omitir teniendo en cuenta que la rehabilitación para edificios de máximo dos pisos construidos en mampostería se puede realizar siguiendo el título E del reglamento NSR-10 y que en este caso de estudio la edificación cuenta con un área construida de 912.20 m² por lo que se determina el uso de reforzamiento mínimo para cada elemento de confinamiento.

La fase constructiva de esta rehabilitación es un proceso más complicado tratándose de un edificio con muros no estructurales muy robustos, que es la constante en edificios construidos antes de la década de los 70´s. Se

debe iniciar con la construcción de las zapatas ubicadas en los extremos de los muros a reforzar, cuyo diseño se debe realizar siguiendo los lineamientos del título E-2 del reglamento NSR-10. Una vez se hayan construido las zapatas y dejado los aceros correspondientes para el amarre de las columnas, se procede a liberar el espacio correspondiente a las columnas, el armado de la estructura y el fundido del concreto.

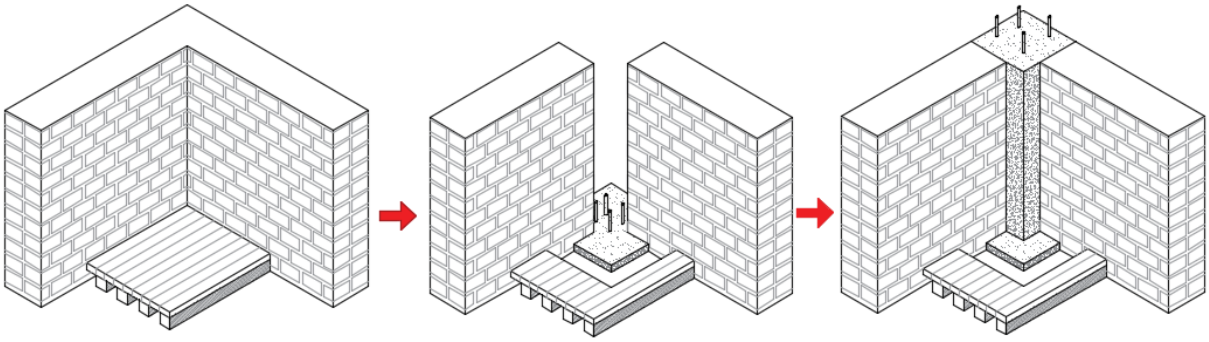


Ilustración 19. Esquema del proceso constructivo de rehabilitación parte 1

Para la ubicación de las vigas el proceso se debe realizar con cuidado. Es necesario romper la continuidad del muro a rehabilitar para construir las vigas de entrepiso necesarias. Para ubicar estas vigas es necesario abrir la placa al menos 60 cm paralelamente a cada lado del muro para crear el espacio de trabajo y enseguida realizar un apuntalamiento con diagonales a ambos lados del muro; las actividades de armado de refuerzo y fundición se deben realizar a la mayor brevedad posible para evitar sobre-esfuerzos inoficiosos sobre el apuntalamiento. Una vez se realice el encofrado se vuelca el concreto y se funde la viga; el apuntalamiento no se puede retirar hasta después de 48 horas de fundida la viga y se debe realizar de manera muy lenta y cuidadosa.

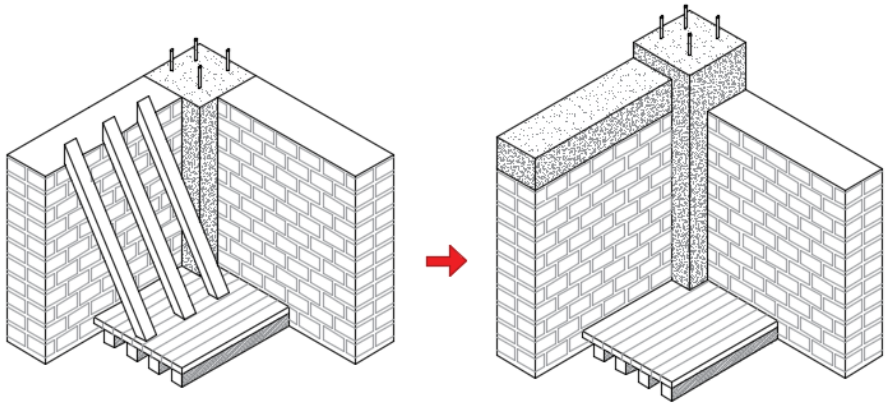


Ilustración 20. Esquema del proceso constructivo de rehabilitación parte 2

Es necesario un adecuado vibrado del concreto durante todo el proceso y la verificación de las alturas de vaciado. Las consideraciones adicionales sobre ubicación de refuerzo, longitudes de desarrollo y cantidades mínimas de refuerzo para columnas, vigas y zapatas se deben consultar en la norma NSR-10 títulos E.2, E.3 y E.4.

6.9.6 CAPITELES

Debido al problema detectado de esfuerzos de cizallamiento y el más grave de punzonamiento en los nudos donde existen columnas que apoyan la placa de entrepiso se recomienda la construcción de capiteles sobre la columna justo debajo del apoyo en la placa, esto con el propósito de distribuir mejor la carga transmitida de la placa a la columna generando un esfuerzo menor con la misma carga, de forma que la columna sea capaz de recibir las cargas impuestas sin deformar tan gravemente el material.

Para diseñar el capitel es necesario medir la falla del punzonamiento, que se crea en forma redonda alrededor de la columna, aunque las dimensiones del capitel dependen de las de la columna, este siempre debe garantizar que se cubra el área expresada por la circunferencia de la falla de

punzonamiento. La dimensión del capitel está determinada[43] por la longitud equivalente *Ln* que es la luz con que se evalúan las cargas de momento y corte de la placa de entrepiso y que se toman cómo distancias internas cuando existen capiteles en la columna hasta a 45° del punto de apoyo de la columna, por lo que el ancho efectivo o útil del capitel es igual a 3 veces el ancho de la columna. En cuanto al refuerzo del capitel, si existe, debe ser el mismo que el de la columna (cuando la columna sea en concreto reforzado) o de lo contrario estar adecuadamente arriostrado a la columna para transmitir efectivamente las cargas verticales impuestas.

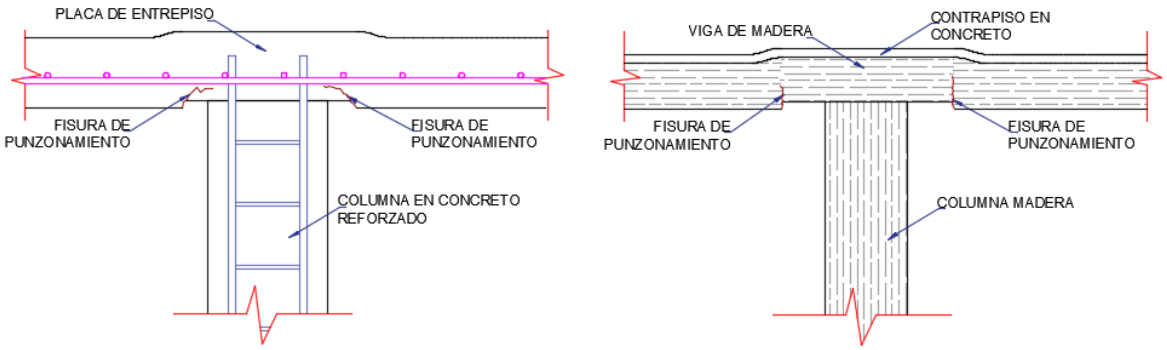


Ilustración 21. Esquema de desarrollo del punzonamiento en estructuras de concreto reforzado y madera

En estructuras de madera los capiteles deben ser arriostrados a la columna con clavos introducidos de forma horizontal y si el daño es muy avanzado, cómo en este caso también es necesario el reemplazo del tramo de viga y cielo raso afectado por la fisura para evitar un hundimiento progresivo de la estructura. Este tramo nuevo de viga también se debe arriostrar mediante clavos a la existente y el capitel se debe construir a forma de cuatro ménsulas, una en cada cara de la columna y dos de ellas deben soportar los nuevos extremos de las vigas existentes para transmitir las cargas adecuadamente a la columna.

[43] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI, Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318S-05, Farmington Hills, Michigan, USA, 2005.

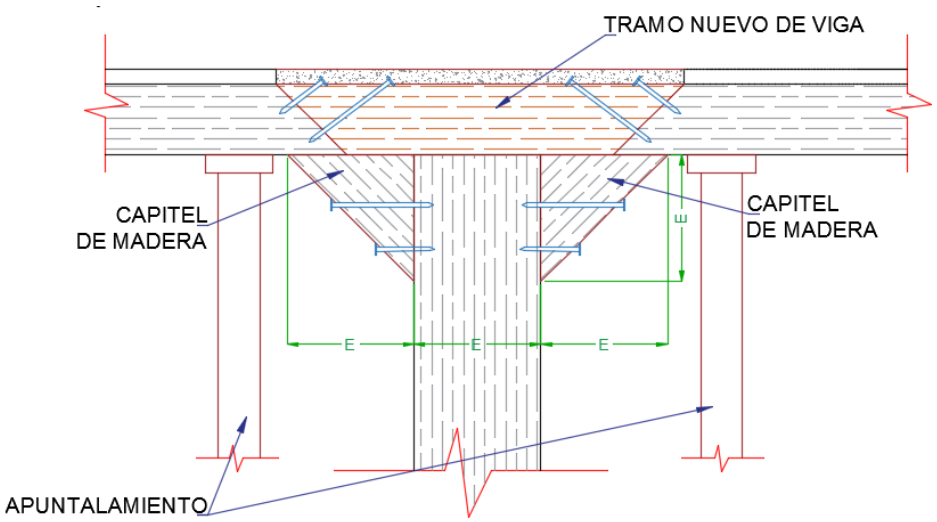


Ilustración 22. Esquema de rehabilitación con capitel en madera

No existen disposiciones claras sobre la profundidad del arriostramiento con clavos desde el capitel a la columna, sin embargo la disposición para uniones clavadas especifica que para uniones clavadas, la penetración del clavo P está dada en función del clavo de acero y las capacidades específicas de carga están definidas por la siguiente tabla.

Longitud		d	Carga admisible en, N			ℓ/d	Penetraciones mínimas						
							5d	6d	8d	10d	11d	16d	20d
mm	Pulg.	(mm)	DB > 0.70	DB > 0.56 DB < 0.70	DB > 0.4 DB < 0.56		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
31.75	1 1/4	1.83	300	236	161	17.3	9.2	11.0	14.6	18.3	20.1	29.3	36.6
38.10	1 1/2	2.1	368	289	201	18.1	10.5	12.6	16.8	21.0	23.1	33.6	42.0
50.80	2	2.77	536	420	299	18.3	13.9	16.6	22.2	27.7	30.5	44.3	55.4
63.50	2 1/2	3.05	608	475	339	20.8	15.3	18.3	24.4	30.5	33.6	48.8	61.0
76.20	3	3.76	786	615	443	20.3	18.8	22.6	30.1	37.6	41.4	60.2	75.2
88.90	3 1/2	4.19	895	699	504	21.2	21.0	25.1	33.5	41.9	46.1	67.0	83.8
101.60	4	5.16	1140	889	645	19.7	25.8	31.0	41.3	51.6	56.8	82.6	103.2
127.00	5	5.59	1249	974	708	22.7	28.0	33.5	44.7	55.9	61.5	89.4	111.8
152.40	6	6.05	1365	1064	774	25.2	30.3	36.3	48.4	60.5	66.6	96.8	121.0
177.80	7	7.21	1657	1291	943	24.7	36.1	43.3	57.7	72.1	79.3	115.4	144.2
203.20	8	7.21	1658	1291	943	28.2	36.1	43.3	57.7	72.1	79.3	115.4	144.2

Tabla 35. Capacidades para uniones clavadas con carga paralela al grano de la madera[44]

En todo caso se recomienda seguir siempre los lineamientos del título G del reglamento NSR-10 para todo tipo de anclaje que se vaya a realizar en los capiteles de madera y las disposiciones de la norma ACI 318-05 para el

[44] ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título G, Bogotá D.C., Colombia, 2010

dimensionamiento de los capiteles en función de las propiedades físicas de la madera, dado que esta norma está prescrita para elementos en concreto.

6.9.7 OTRAS RECOMENDACIONES DE REHABILITACIÓN

- ALISTADO DE PISOS INDUSTRIALES

  Debido a que se encontraron grandes afectaciones en el piso de la edificación, sobre todo en el primer nivel, debido al deterioro por el tránsito durante la vida útil del inmueble, se recomienda una reparación de tipo semi-superficial, es decir, que requiere la demolición parcial de la estructura existente y el alistado superficial de dicha estructura.

  La reparación consiste en la escarificación de toda el área del piso hasta una profundidad media de unos 5 cm, profundidad a la cual, si aún queda estructura de piso, se debe ubicar malla electrosoldada, de recomendación referencia M331 con barras de 6 mm de diámetro y espaciamiento de 15x15 cm; en caso de haber retirado toda la estructura del piso a los 5 cm de profundidad se deben poner aisladores entre la malla y la superficie de contacto y en seguida realizar un vaciado de concreto rígido con un tamaño nominal bajo de forma que se pueda acoplar a una placa de 5 cm de espesor.

  El alistado final de la placa de contrapiso debe contar con una macro-textura en dirección de la pendiente que se le ha dado al piso. Se recomienda una pendiente mínima de hidrófuga de 0.5% y la terminación del concreto con textura de grata metálica en dirección longitudinal a la pendiente, de forma que se evite el empozamiento del agua que fue un factor determinante en el estado de deterioro actual del piso.

- PAÑETADO DE MUROS EN MAMPOSTERÍA EN ESTADO DE CONSERVACIÓN

  En aquellos muros en que el deterioro ha sido bajo o se ha producido únicamente en el pañete pero sin afectar el mortero de pega o a los elementos de mampostería, y no se evidencia presencia de humedad o alguna otra patología que sea de tipo progresivo, se recomienda la demolición total del pañete existente y la adecuación de un enchape nuevo bien sea en mortero o en paneles de yeso, lo que sea más factible económicamente. Para garantizar la adherencia del pañete nuevo al muro en mampostería, en caso que se realice enchapado en mortero, se recomienda la abrasión del mortero de pega hasta lograr un espacio de al menos un centímetro y luego la aplicación del pañete nuevo.

- PAÑETE REFORZADO O REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL

  Este método de rehabilitación, aunque provee un comportamiento estructural a los muros de mampostería no reforzada, no reemplaza el confinamiento de los muros para adecuarlos al soporte de cargas, sino que es una solución complementaria para la reparación y adecuación de muros con un alto índice de daño. Por tanto, se recomienda la ejecución de este tipo de rehabilitación a muros que se encuentran altamente afectados o deteriorados pero que no son continuos verticalmente a lo largo de la estructura y se recomienda realizar esta reparación en ambas caras del muro para garantizar una especie de confinamiento, aportándole la adecuada capacidad para soportar las cargas sin fallar y no compromete la seguridad de los usuarios de la vivienda en caso de un sismo.

  La rehabilitación de cada muro consiste en la instalación de una malla en acero en la cara del muro y arriostrada al mismo muro mediante barras hincadas o clavos. Lo ideal es que dicha barra de

anclaje pase de lado a lado del muro y funcione como arrostramiento para las mallas en ambas caras, aportándole un componente de continuidad y transmisión efectiva de cargas al reforzamiento. Dicho reforzamiento se pone de forma vertical y horizontal con un espaciamiento de 2.5 veces el espesor del muro en ambos sentidos y la referencia de las barras debe ser menor a la No 5, para el caso de estudio se recomienda instalar varillas No 4. Los anclajes deben ser sujetados además con un sellante epóxico resistente.



Ilustración 23. Montaje adecuado de barras en pañete reforzado

Una vez instalado el refuerzo en acero, se ubica la capa de pañete en concreto lanzado mediante propulsión en toda la cara del muro. El espesor del pañete debe ser suficiente para cubrir las barras con un excedente de al menos 1 cm y se debe alistar. Cabe mencionar que la superficie del muro debe humedecerse antes de la instalación del pañete y debe estar lo suficientemente rugosa y plana para que no haya cavidades de aire entre el muro y el pañete.



Ilustración 24. Ubicación del concreto en el pañete reforzado

Otra anotación importante para este tipo de rehabilitación es que no adecúa el muro para soportar cargas verticales y distribuirlas al piso de la estructura sino que evita el desprendimiento del muro y lo ayuda a soportar fuerzas horizontales, especialmente las perpendiculares a la cara del muro.

- REVESTIMIENTO CON FIBRAS COMPUESTAS

  Una alternativa al reforzamiento con pañete estructural para los muros con daño importante pero que no son continuos verticalmente. Consiste en la instalación de capas delgadas de un material con alta resistencia al corte y/o a la tensión sujetadas mediante aglutinante epóxico a las caras del muro en cuestión y orientadas en ambas direcciones vertical y horizontal por cada capa, de forma que le confiere al muro una alta resistencia al corte y principalmente a momento torsional y flector en el sentido longitudinal del muro.

  Para realizar este tipo de reparación es necesario primero estabilizar todas las fisuras y grietas existentes en el muro, mediante el llenado con grouting de las grietas más grandes y el sellado epóxico de las

fisuras pequeñas. El alistado de la textura del muro se debe realizar mediante el raspado con grata metálica o chorros de arena hasta lograr una superficie rugosa y plana.

En seguida se unge toda la superficie con el epóxico aglutinante y se empiezan a poner las capas de fibra, que puede ser de carbono o paneles delgados de fibra de vidrio. Se deben ubicar las capas de forma que el sentido de las fibras vaya ortogonalmente de una capa a la otra, garantizando la resistencia al momento en ambos sentidos.

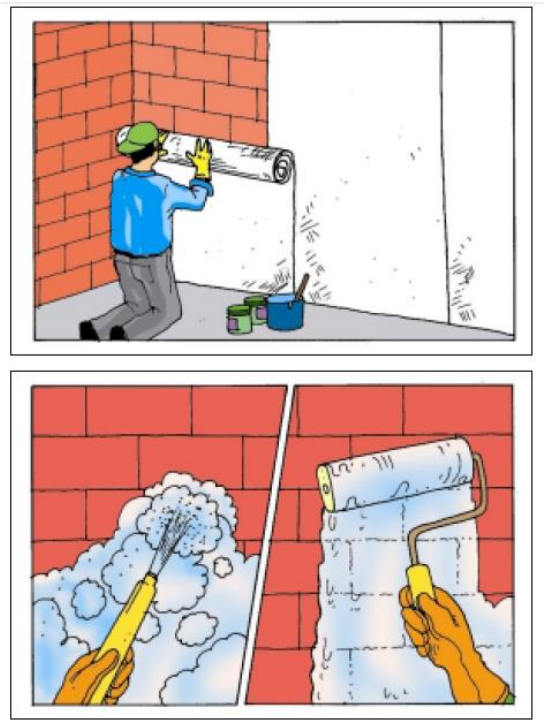


Ilustración 25. Aplicación de fibras de refuerzo en muros de mampostería

En los lugares donde haya interrupciones en la superficie de forma que no se puedan ubicar continuamente las fibras, es necesario ubicar amarres entre las fibras discontinuas que sean capaces de transmitir los esfuerzos de torsión o simplemente arriostrar las fibras al elemento estructural más cercano que pueda soportar el esfuerzo transmitido.

6.9.8 MANTENIMIENTO

Se recomienda realizar un mantenimiento periódico a los elementos no estructurales susceptibles de daño por uso, deterioro progresivo o que hayan cumplido su vida útil. Estas recomendaciones se aplican principalmente a:

- Elementos de tubería de suministro, es decir, eléctrica, de gas y acueducto. Se recomienda verificar especialmente el estado de las uniones y cambios de dirección para evitar posibles fugas de material o corto circuito.
- Pisos y pañetes a intemperie. Se recomienda aplicar una capa de pintura para exteriores que proteja la estructura de pañete y muro existente y re-aplicarla periódicamente o cada vez que se deteriore o se desprenda.
- Parapetos en madera y metal, en los que se recomienda lijar y pulir la superficie completamente hasta eliminar todo tipo de deterioro o corrosión, para luego aplicar una capa de pintura protectora que evite el regreso de estos daños y su re-aplicación cada vez que se desprenda o aparezca un signo de daño adicional.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.1 CRITERIOS DE REVISIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03

Una vez realizado el análisis básico del componente estructural para el caso de estudio, se observó que los parámetros de revisión aportados por esta norma son eficientes a la hora de aportar un contexto de evaluación para la eventual revisión de elementos no estructurales y es punto de partida para las consiguientes recomendaciones de rehabilitación y mantenimiento de la estructura. Cabe anotar que para realizar este análisis en edificaciones colombianas se hace necesario remitirse a las condiciones sísmicas expuestas en el título A del reglamento NSR-10, por lo que el análisis en solitario mediante la norma ASCE/SEI 31-03 no es

posible o no aporta resultados replicables acercados a la realidad para edificios en Colombia. Además de esto, como se expondrá más adelante, es evidente que esta norma, en cuanto a la revisión del componente estructural, provee un procedimiento muy similar al regulado por el reglamento NSR-10 y por tanto son equivalentes, por lo que es más confiable el resultado de la revisión de elementos no estructurales que le sigue.

7.2 CRITERIOS DE REVISIÓN DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03

En cuanto a la revisión de los ENE, esta norma provee un procedimiento de revisión cualitativo muy detallado en la fase 1 de evaluación que permite desarrollar un informe de resultados bastante confiable y suficiente para avanzar a la fase 2 de evaluación, en la que la norma aporta también un criterio de aceptación cuantitativo basado en el análisis sísmico del componente estructural, por lo que se puede afirmar que son complementarios y dan la certeza de que efectivamente, los elementos no estructurales estarán trabajando en las mismas condiciones que el resto de la estructura. Esto permite realizar las recomendaciones de rehabilitación para elementos no estructurales apropiadas en función del comportamiento real de la estructura y que garantice que dichas recomendaciones son las apropiadas.

7.3 FALENCIAS EN CUANTO A REVISIÓN MEDIANTE LA NORMA ASCE/SEI 331-03

El que es tal vez el mayor defecto de la norma es su poca flexibilidad de replicación para las condiciones sísmicas con que fue creada a otras condiciones diferentes, por lo que el uso de esta norma exige ser complementado con las normas de construcción sismorresistente vigentes en el lugar en que está siendo usada, es decir, la norma por sí sola no funciona. Otra falencia es el conservatismo con que mide los criterios cualitativos de los elementos evaluados, dado que exige apoyos y arrostramientos que pueden ser calificados cómo excesivos después de otras revisiones, como se puede observar en el desarrollo de este documento, por ejemplo las exigencias de arrostramiento para muros y

particiones no estructurales fallaban en un análisis de nivel 1 aunque en la revisión cuantitativa de la fase 2, la mayoría de estos muros aprobaba para las fuerzas sísmicas calculadas para la edificación.

7.4 FALENCIAS EN CUANTO A REVISIÓN MEDIANTE EL REGLAMENTO NSR-10

La normatividad colombiana prácticamente no provee los parámetros para la revisión real de elementos no estructurales en las edificaciones. Si bien es cierto que el reglamento NSR-10 referencia al documento ASCE/SEI 31-03 cómo un parámetro adicional de revisión y permite su uso en Colombia, hasta el momento de la aplicación de la norma no existía un documento traducido al español y en unidades del sistema internacional, por lo que su uso se vería reducido y prácticamente ignorado. Es por esto que a partir de ahora, con una traducción existente de la norma ASCE/SEI 31-03 y basado en este y otros estudios realizados a dicha norma, sea posible la inclusión, al menos para revisión de elementos no estructurales, de dicha norma en el contenido del reglamento NSR-10 o en las futuras versiones que se hagan de esta regulación.

7.5 CONCORDANCIA DE LA NORMA ASCE/SEI 31-03 CON EL REGLAMENTO NSR-10

En cuanto a la revisión de la estructura, desde el apéndice A.10 del reglamento NSR-10 y la fase 1 de evaluación del componente estructural de la ASCE/SEI 31-03, ambas normas muestran mucha similaridad y son compatibles en muchos aspectos, por ejemplo, la repartición de fuerzas entre los elementos resistentes o la determinación de parámetros cómo uniformidad geométrica de la edificación. Cabe resaltar también la discordancia, como se ha mencionado antes, entre la determinación de parámetros sísmicos de una norma con la otra, aunque esto puede funcionar como un complemento entre las dos normas, de forma que el uso de una requiera la afinidad entre las dos.

7.6 CONCORDANCIA CON LA SITUACIÓN REAL DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN COLOMBIA

La norma ASCE/SEI 31-03 ofrece parámetros aceptables de revisión para viviendas construidas previo a la vigencia de la norma actual en el país, dado que ofrece una clasificación de tipos de edificaciones en el que pueden incurrir con facilidad cualquier tipo de edificio que se vaya a analizar y describe un proceso detallado de revisión para cada grupo de clasificación con un procedimiento estandarizado y acorde a las exigencias reales de la edificación. Una falencia importante detectada en este aspecto, principalmente en el análisis de ENE es el hecho de que muchos de los parámetros que hay que verificar corresponden a elementos frecuentes en el modelo de construcción de edificaciones en Estados Unidos y que no son recurrentes en las construcciones colombianas, por ejemplo el caso de revisión de enchapados expuesto en el apéndice 5.2.3.2, en el que la mayoría de criterios de revisión no son concordantes con el estado real de construcción de enchapes en la mayoría de edificaciones colombianas.

7.7 REVISIÓN PATOLÓGICA DE LA EDIFICACIÓN

La revisión patológica y del estado de los materiales de la construcción constituye tal vez uno de los aspectos más importantes durante la evaluación de una edificación, cómo se observó en el desarrollo del documento y cómo se ha mencionado con anterioridad, durante el desarrollo de las listas de verificación para la mayoría de los elementos fue satisfactoria aun a pesar de que se observó durante las visitas técnicas que estos elementos claramente fallaban constructivamente. El análisis más claro que se puede realizar sobre este aspecto es que la simple verificación mediante las listas de verificación es insuficiente y por tanto debe ser evaluada en conjunto con un análisis patológico en todos los casos. El modelo de análisis que se usó en este documento puede ser replicado o adaptado para los requisitos de diferentes edificaciones.

8 CONCLUSIONES.

- Al realizar la comparación entre las metodologías de evaluación de la norma ASCE/SEI 31-03 y el capítulo A.10 del reglamento NSR-10, especialmente para la evaluación de elementos no estructurales ENE, se determinó que la primera ofrece un lineamiento muy apropiado de seguimiento a la revisión bajo parámetros muy específicos, si bien la misma norma expresa que los criterios de aceptación o rechazo de evaluación son muy conservadores, esto es beneficioso teniendo en cuenta que las revisiones específicas para construcciones hechas previo a la vigencia de la norma existente requieren un parámetro más reservado de aceptación debido a las condiciones posibles de deterioro o vencimiento de la vida útil de los elementos evaluados.

  Otro parámetro importante de aprobación a favor de la norma ASCE/SEI 31-03 es la condición de que es necesario realizar una revisión previa al sistema estructural, aunque no es previsible un análisis a profundidad, esto ofrece un criterio bien definido sobre los factores que pueden afectar más al comportamiento de los ENE, aun por encima del criterio dado para aceptación o rechazo de las listas de verificación específicas para dichos elementos. En contraposición, el reglamento NSR-10 brinda parámetros de revisión de estructuras existentes en su título A-10 que son apuntados directamente al análisis del sistema estructural y no da requerimientos para un análisis de ENE, lo que a criterio de los autores genera un vacío legal que conlleva a inconvenientes importantes en el cumplimiento de los propósitos mismos de la norma, expuestos en la justificación del presente documento.

  La determinación importante es la demostración de que es sustancialmente conveniente la inclusión del método de revisión de la ASCE/SEI 31-03 dentro de los parámetros de revisión obligatoria del reglamento NSR-10 para elementos no estructurales como un instrumento que le permite cumplir sus objetivos primordiales.

- Una vez realizado el análisis completo del caso de estudio bajo los parámetros indicados, se determinó que la evaluación hecha mediante los criterios de la norma ASCE/SEI 31-03 aplicados en un caso real de la ciudad de Bogotá, con múltiples falencias de tipo estructural y no estructural siguiendo los criterios del reglamento NSR-10, se determinó que dichos criterios de revisión son suficientes para generar un compilado de recomendaciones de rehabilitación completo y aceptable para viviendas construidas antes de la vigencia de la norma actual, aun a pesar de las falencias mencionadas en el apéndice 7 del presente documento. El resultado de este análisis puede ser replicado en construcciones con condiciones similares y aportó los componentes necesarios para realizar una comparación adecuada entre las dos normativas de estudio a fin de decidir bajo estos criterios (sistema estructural y componentes similares) constituyendo un punto a favor de la viabilidad o no la inclusión de la norma ASCE/SEI 31-03 para revisión de elementos no estructurales dentro del contenido del reglamento NSR-10.

- Realizado el análisis patológico del caso de estudio cómo complemento del análisis sísmico, se determinó que es necesaria la inclusión de un criterio de aceptación de tipo patológico para los elementos estructurales y no estructurales dentro de los lineamientos de la norma ASCE/SEI 31-03 y por tanto de los componentes de esta norma incluidos en el contenido del reglamento NSR-10 debido a que muchos de los parámetros de revisión evaluados en el caso de estudio resultaron ser aceptables aún a pesar de que durante las visitas técnicas al sitio había evidencia suficiente de que estos elementos no estaban en condiciones apropiadas para su funcionamiento durante un evento sísmico. Esto pone en evidencia que los parámetros cuantitativos de revisión no son determinantes a la hora de aprobar o no el estado de un elemento y que por tanto es de obligatoriedad corroborar los resultados con un adecuado análisis cualitativo sobre el

estado real de dichos elementos. Se determinó también que la evaluación patológica de una edificación es determinante a la hora de sugerir la rehabilitación de dicha estructura bajo las conclusiones del análisis cuantitativo.

- Al realizar el compilado de recomendaciones de rehabilitación para el caso de estudio basado en las evaluaciones realizadas mediante la norma ASCE/SEI 31-03 y el reglamento NSR-10 y la evaluación patológica, se concluyó que una apropiada evaluación de una estructura basada en el análisis de vulnerabilidad sísmica (únicamente) tanto de elementos estructurales como de no estructurales está parcializada, dado que los parámetros de revisión propuestos por estas normas ignoran el estado de deterioro de la mayoría de los elementos evaluados especialmente para elementos no estructurales y por tanto, la evaluación estructural emergente de este análisis no crea el entorno necesario para hacer recomendaciones de rehabilitación para la edificación. Es por esto que se determinó que para realizar un compendio adecuado y suficiente de evaluación es indispensable una evaluación conjunta de criterios sísmicos y de estado de materiales para cualquier edificación a analizar y que ambas revisiones deben arrojar resultados concordantes que permitan eventualmente realizar recomendaciones más acercadas a la realidad de rehabilitación y mantenimiento del inmueble.

9 RECOMENDACIONES.

- Basado en las conclusiones, se recomienda la inclusión de los parámetros de revisión en sus tres fases para elementos no estructurales en viviendas de tipo URM (Muros de mampostería no reforzada con diafragmas flexibles) descrito en la norma ASCE/SEI 31-03 dentro de los criterios de evaluación obligatoria del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 o la creación de una norma técnica de obligatorio cumplimiento que

contenga los parámetros adecuados de revisión y evaluación de edificaciones existentes.

- Se recomienda la inclusión de un ítem de revisión obligatoria para los parámetros de evaluación de calidad de materiales y de patología y deterioro de los elementos constructivos de la edificación cómo complemento a la evaluación de vulnerabilidad sísmica de construcciones existentes tanto en la norma ASCE/SEI 31-03 cómo en su eventual inclusión en el reglamento de construcción sismo resistente NSR-10 o cualquier norma técnica que adopte los parámetros de evaluación allí descritos.

- Se recomienda la realización de estudios adicionales sobre la utilización de los parámetros de evaluación sísmica de edificaciones existentes ASCE/SEI 31-03 para cada uno de los tipos de edificación expuestos en la norma, con lo cual, a criterio de los autores se solventaría definitivamente la validez de la inclusión total de los parámetros de revisión de dicha norma dentro del contenido obligatorio del reglamento NSR-10 para evaluación de edificaciones o cualquier norma técnica colombiana sobre este tema; teniendo en cuenta siempre que cualquier estudio de este tipo debe conservar los propósitos fundamentales del reglamento colombiano de construcción sismo resistente.

10 BIBLIOGRAFÍA.

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Decreto 523 de 2010: Por el cual se adopta la microzonificación de la ciudad de Bogotá D.C.

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. *Exposición de motivos SDGR.* 2012.

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI, Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318S-05, Farmington Hills, Michigan, USA, 2005.

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. ASCE 31-03: Seismic Evaluation of Existing Buildings. 2003.

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. ASCE 7-02: Mínimum design loads for buildings and structures. 2002.

- ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA AIS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Ministerio del interior. 2010

- Blaisdell M.Lisbeth, Strand Elizabeth, Caballero Juan. *Adaptation of a simplified engineered approach to housing seismic evaluation and retrofit design for use in Bogotá.* Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Universidad de los Andes, Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. Bogotá 2015

- Cano-Saldaña Leonardo, Et All. *Metodología para la evaluación del riesgo sísmico de pequeñas y medianas ciudades. Estudio de caso: Zona centro de la ciudad de Armenia-Colombia.* Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol 5 (1). 2005

- CENTRO SIMOLÓGICO NACIONAL DE CHILE. CSN. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2015.] www.simologia.cl.

- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Comisión Económica para América latina y el caribe. [En línea] http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/33658/colombiacapv.pdf

- Días Bonett , León Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Catalunya. 2003. [En linea]: http://hdl.handle.net/10803/6230

- *Earthquakes and People's Health: Vulnerability Reduction, Preparedness, and Rehabilitation* Actas del simposio de la OMS, Kobe, Japón 1997. Génova, Organización mundial de la salud, 1997

- El Periódico Internacional. Los muertos por el terremoto en Ecuador suben a 235. Consultado el 17 de abril de 2016

- Gonzalez Luis. Análisis y diseño sismo resistente de elementos de fachadas y muros interiores en mampostería o drywall de acuerdo con el reglamento colombiano NSR-10. Medellín.

- Helene, Paulo R. L; Pereira, Fernanda. Manual de reparación, refuerzo y protección de estructuras en concreto. 1. ed. São Paulo: Red Rehabilitar.2005.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN INCONTEC, Ingeniería civil y arquitectura. Uso de madera en la construcción. NTC 2500, Bogotá D.C., 1997.

- LOPEZ, Paulo M. Propuesta de adaptación del documento ASCE/SEI 31-03 “evaluación sísmica de edificaciones existentes”. Tesis de maestría. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2015.

- Páez Diego, Parra Sonia, Montaña Carlos. Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería. Revista Ingeniería Universidad de Medellín. 2009

- PAEZ, PARRA, MONTAÑO. Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería. Revista ingenierías. Universidad de Medellín. 2009

- SECRETARÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE ECUADOR (QUITO).Informe de situación Nº53 -Terremoto 7.8 Muisne. Consultado el 30 de abril de 2016

- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Servicio Geológico Colombiano. [En línea] http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/material-educativo.

- SERVICIO SISMOLÓGICO SUIZO. [En línea]:http://www.seismo.ethz.ch

11 ANEXOS.