



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

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

ROGER JOSUÉ ROMERO LESMES

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de artes, Maestría en Construcción
Bogotá D.C., Colombia
2019

Evaluación del cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Sismo Resistente NSR-10 para el diseño de elementos no estructurales.

Roger Josué Romero Lesmes

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Construcción

Director (a):

Ing. MSc. Herbert Giraldo Gómez Codirector (a):

Línea de Investigación:

Procesos constructivos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de artes, Maestría en Construcción

Bogotá D.C., Colombia

2019

Dedicatoria

Dedicada a todas las personas que perdieron su vida o resultaron afectadas por los elementos no estructurales en Colombia, México y Chile, que fueron los referentes del desarrollo de esta Tesis de maestría

¡Con cariño a mis padres!

“Queremos llamar la atención, una vez más sobre la diferencia esencial entre cálculo y proyecto, para evitar mal entendidos que la limitación indicada pueda producir. El cálculo tiene un valor secundario ya que pueden proyectarse estructuras sin cálculo alguno; pero en la mayoría de los casos resulta imprescindible, y es preciso dominarlo para no ser dominados por él”

Carlos Fernández Casado

Agradecimientos

Esta Investigación va dirigida a todas las personas que me ayudaron a desarrollar cada una de las metas planteadas, que se preocuparon por entregar parte de su conocimiento para enriquecer el producto descrito a continuación.

A mi familia, amigos, profesores, que con su paciencia y sabiduría me apoyaron incondicionalmente durante todo este proceso. Por otra parte, al Ingeniero Nicolás García Carvajalino, al Arquitecto Luis Fernando Ballesteros y a la curaduría urbana número 3 y al Ingeniero Andrés Torres y a la ladrillera Santafé; por su disposición y apoyo investigativo en la construcción del presente documento.

Para finalizar, un reconocimiento especial para mi director de tesis el Ingeniero Herbert Giraldo por las noches interminables de revisión y enseñanzas, a ladrillera Santafé por sus espacios de aprendizaje, a las curadurías en cabeza del arquitecto Luis Fernando Ballesteros, al Ingeniero Daniel Rojas por los espacios de conocimiento y a los ingenieros de la firma P&P proyectos.

Resumen

En la actualidad la construcción en Colombia se rige por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NRS -10, el cual tiene como última modificación, el decreto 945 de 2017. Dentro de la NSR-10 el título A establece el alcance en los elementos no estructurales, que deben someterse a consideración durante el sismo.

Esta investigación se basa en establecer una metodología que permita realizar la evaluación mediante la comprobación y diseño de los elementos no estructurales, teniendo en cuenta las buenas prácticas publicadas por investigadores y empresas del sector que participan en la construcción de fachadas y muros divisorios en Colombia, haciendo referencia a aspectos como: construcción, buenas prácticas, conservación e ingeniería de valor.

Por lo anterior a partir de la información recuperada de proyectos que están en proceso de aprobación en las curadurías, sumado a la información de la normatividad vigente, esta investigación estableció los principales errores que se comenten en las memorias de cálculo de diseño de elementos no estructurales, y su impacto en la parte técnica y económica de los proyectos.

Además, se establecieron recomendaciones a tener en cuenta en el diseño de los elementos mencionados anteriormente, con el fin de mitigar los problemas en la construcción de los proyectos, que pueden ocasionarse por la ausencia de información o simplemente por errores de interpretación.

Palabras clave: (Elementos no estructurales, fachadas, muros divisorios, diseño, memoria de cálculo e Ingeniería de valor).

Abstract

Currently, construction in Colombia is governed by the “Colombian Seismic-Resistant Construction Regulation” NRS -10. Within the Title A.9 of the NSR-10, the design criteria of non-structural elements is established.

This research is based on establishing a methodology that allows the evaluation to be carried out through the verification and design of the non-structural elements. This methodology was made by taking into account some recommendations published by researchers and companies related to the construction of facades and dividing walls in Colombia. These recommendations refer to aspects such as: construction, good practices, conservation and value engineering.

Due to the above, based on the information retrieved from projects that are in the process of approval in the curatorships and the information of the current regulations, this investigation exposes the main mistakes made in the design of non-structural elements and its impacts on the technical and economic components of the projects.

In addition, recommendations were established to take into account in the design of the elements in discussion. In order to mitigate the current problems in the construction of the projects, which may be caused by the absence of information or simply by interpretation errors.

Keywords: (Non-structural elements, facades, dividing walls, design, calculation memory and Value Engineering).

Contenido

	Pág.
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XVIII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XXI
Introducción.....	1
1. Preguntas de investigación, Objetivos y Planteamiento del problema.	3
1.1 Preguntas de Investigación	3
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos específicos	4
1.4 Antecedentes	5
1.5 Planteamiento del problema.....	8
2. Marco Teórico	11
2.1 Elementos no estructurales	14
2.2 Diseño de elementos no estructurales	16
2.2.1 Consideraciones Generales.....	16
2.2.1 Procedimiento de diseño.....	20
2.2.2 Identificación del nivel de amenaza sísmico	21
2.2.3 Consideraciones evaluación geotécnica	23

2.2.4	Identificación del proyecto	25
2.2.5	Consideraciones para diseño de elementos no estructurales	27
2.2.6	Verificación de diseño (momento cortante anclaje, refuerzo y separación).....	33
2.3	Mampostería confinada y parcialmente reforzada	34
2.3.1	Diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano de la NSR-10.....	35
3.	Metodología	38
3.1	Selección de casos.....	38
3.2	Proposición del estudio	39
3.3	Unidad de análisis	39
3.4	Proposiciones	40
3.5	Diseño de la metodología.....	41
3.6	Recolección de datos.....	44
3.7	Criterio de resultados:	44
3.8	Consideraciones Generales y Limites del estudio	46
4.	Caracterización de los proyectos (casos).....	47
4.1	Proyecto 127 Living – Torre 1	48
4.2	Casa Chico 96	49
4.3	Park Living.....	50
4.4	Balcony 85	51
4.5	Alameda Plaza	52
4.6	Brisas De Invierno	53
4.7	Sotavento Mediterraneo	54
4.8	Segal.....	55
5.	Procedimiento general	56
5.1	Mampostería parcialmente reforzada.....	62
5.1.1	Diseño de elementos no estructurales con mampostería parcialmente reforzada	62

5.1.2 Comprobación de elementos no estructurales mampostería parcialmente reforzada	75
5.2 Mampostería confinada.....	78
5.2.1 Diseño de elementos no estructurales con mampostería confinada	78
5.2.2 Comprobación de elementos no estructurales mampostería confinada.....	81
6. Revisión de proyectos.....	85
6.1 Revisión en diseño:.....	87
6.1.1 Proyecto 127 Living	87
6.1.2 Casa chico.....	96
6.1.3 Park Living	100
6.1.4 Balcony 85.....	112
6.1.5 Alameda Plaza	120
6.1.6 Brisas de Invierno.....	128
6.1.7 Sotavento Mediterraneo.....	132
6.1.8 Segal	140
6.2 Comprobación de diseño.....	148
6.2.1 Park Living	148
7. Discusión	160
7.1 Análisis de resultados	160
7.2 Análisis de costos.....	164
7.2.1 Revisión de la variación del costo para un nivel	164
7.2.2 Revisión de la variación del costo al diseñar a 1/3 de la altura	166
7.3 Análisis de proyectos	168
7.3.1 Segal	168

7.3.2 Alameda.....	168
7.3.3 Park Living	170
7.3.4 Brisas de invierno	171
7.3.5 Balcony 85	171
7.3.6 Sotavento Mediterráneo.....	172
7.3.7 127 Living.....	172
7.3.8 Casa Chico.....	172
8. Conclusiones y recomendaciones.....	174
9. Glosario.....	179
10. Anexos	183
11. Referencias Bibliograficas.....	233
11.1 BIBLIOGRAFÍA	236
11.2 Normativa	237
11.3 Revistas Y Publicaciones En Internet.....	238
11.4 Otras Referencias Bibliográficas	239

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Redacción Bogotá, (14,06,2019) Colapso de una estructura en el oriente de Bogotá deja dos personas muertas, Bogotá.....	6
Figura 2 Arango, C. (22,09,2016) Edificio en Itagüí fue evacuado luego de colapso de un muro, Medellín, fotografía cortesía de Betancur, C.	7
Figura 3 Rochester, Hobbes [@hobbes 313](16,02,2018) Edificio dañado en 19S en Ámsterdam 232, Condesa, presenta nuevos daños tras #sismo16F	8
Figura 4 Diagrama de cuerpo libre, tomado de Andes, (2004), analizado como mampostería confinada apoyada arriba y abajo.	19
Figura 5 Cortante máximo esperado en muros de mampostería que se dañan a flexión: a) Curvatura simple, b) Doble curvatura (Espinosa Cazarín et al., 2014)	20
Figura 6 Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g, tomado de la NSR-10 A.2.6.....	28
Figura 7 Metodología de investigación, elaboración propia.....	45
Figura 8 Tomada del programa planteado para la metodología - Interfaz inicial para el diseño de elementos no estructurales	56

Figura 9 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 1. Nombre del proyecto	57
Figura 10 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 2. Tipo de evaluación	58
Figura 11 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 3. Tipo de elementos no estructurales disponibles	58
Figura 12 . Tomada del programa planteado para la metodología - Módulo 4. Caracterización de la estructura.....	59
Figura 13 Tomada del programa planteado para la metodología -. módulo 5. Comprobación de las alturas de la estructura	61
Figura 14 Tomada del programa planteado para la metodología -. módulo 6. Parámetros de entrada para diseño de mampostería parcialmente reforzada.....	63
Figura 15 Tomada del programa planteado para la metodología - Mensaje de error por grado de desempeño o grupo de uso.....	63
Figura 16 Tomada del programa planteado para la metodología - Ejemplo de error generado por falta de datos	66
Figura 17 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 7. Resultados para mampostería parcialmente reforzada	70
Figura 18 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 8. Comprobación del diseño	75
Figura 19 Tomada del programa planteado para la metodología - Parámetros de entrada para comprobación de mampostería parcialmente reforzada.	76

Figura 20 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 10. Parámetros de entrada para diseño de mampostería confinada.	78
Figura 21 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 11. Parámetros de entrada para comprobación de mampostería confinada.....	81
Figura 22 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 12. Resultados de comprobación en mampostería confinada.	83
Figura 23 Comparación ecuaciones título A.9 para CERROS, desarrollada por el autor	163
Figura 24 Comparación ecuaciones título A.9 para LACUSTRE 200, desarrollada por el autor	163

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Tomada de la Tabla A.2.3-1 de la NSR 10, Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v , transcrita por el autor	22
Tabla 2. Coeficientes y curva de diseño - Microzonificación sísmica de Bogotá: Decreto 523 de 2010, tomado de coeficientes de diseño, transcrita por el autor	24
Tabla 3 Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro, tomado de la tabla A.2.4-3 de la NSR-10, transcrita por el autor	24
Tabla 4 Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos cortos del espectro, tomado de la tabla A.2.4-4 de la NSR-10, transcrita por el autor	25
Tabla 5 Valores del coeficiente que sugiere la NSR.10 en la tabla Tabla A.2.5-1 transcrita por el autor	27
Tabla 6 Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a , tomado de la NSR-10 Tabla A.4.2-1	28
Tabla 7 “Coeficiente de amplificación dinámica, a_p , y tipo de anclajes o amarres requeridos, usado para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , para elementos arquitectónicos y acabados, tomado de la NSR-10 Tabla A.9.5-1”	30

Tabla 8 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales Muros, tomado de la tabla B.3.4.2-4.....	32
Tabla 9 Datos generales proyecto 127 Living - Torre 1	48
Tabla 10 Caracterización sísmica proyecto 127 Living - Torre 1.....	48
Tabla 11 Caracterización de alturas proyecto 127 Living - Torre 1	48
Tabla 12 Datos Generales proyecto Casa Chico 96.....	49
Tabla 13 Caracterización sísmica proyecto Casa Chico 96.....	49
Tabla 14 Caracterización alturas proyecto Casa Chico 96	49
Tabla 15 Datos Generales proyecto Park Living	50
Tabla 16 Caracterización sísmica Proyecto Park Living	50
Tabla 17 Caracterización de alturas Proyecto Park Living.....	50
Tabla 18 Datos generales proyecto Balcony 85.....	51
Tabla 19 Caracterización sísmica proyecto Balcony 85	51
Tabla 20 Caracterización de alturas proyecto Balcony 85.....	51
Tabla 21 Datos generales proyecto Alameda Sexta Etapa.....	52
Tabla 22 Caracterización sísmica proyecto Alameda Sexta Etapa	52
Tabla 23 Caracterización de alturas proyecto Alameda Sexta Etapa.....	52
Tabla 24 Datos generales proyecto Brisas De Invierno.....	53
Tabla 25 Caracterización sísmica proyecto Brisas De Invierno	53
Tabla 26 Caracterización de alturas proyecto Brisas De Invierno.....	53
Tabla 27 Datos generales proyecto Sotavento Mediterráneo.....	54
Tabla 28 Caracterización sísmica proyecto Sotavento Mediterráneo	54
Tabla 29 Caracterización alturas proyecto Sotavento Mediterráneo	54

Tabla 30 Datos generales proyecto Segal	55
Tabla 31 Caracterización sísmica proyecto Segal.....	55
Tabla 32 Caracterización alturas proyecto Segal.....	55
Tabla 33 Grado de desempeño mínimo requerido tomado de la NSR-10 Tabla A.9.2-1	64
Tabla 34 Piezas Santafé para el diseño de mampostería parcialmente reforzada elaboración propia	65
Tabla 35 Resultados obtenidos, elaborada por el autor	162
Tabla 36 Análisis de costos basado en la revista Construdata edición 174 mayo de 2015, elaborada por el autor	165
Tabla 37 Cálculo del perímetro en m para el proyecto Segal, elaborada por el autor	165
Tabla 38 Evaluación económica de costos elaborado por el autor	166
Tabla 39 Costo del diseño de elementos no estructurales en todos los pisos con el escenario de cubierta, elaborado por el autor.	167
Tabla 40 Error cálculo fuerza sísmica de diseño proyecto Alameda, elaborada por el autor	169
Tabla 41 Comparación de resultados proyecto Alameda, elaborada por el autor.....	170
Tabla 42 Comparación de resultados proyecto Balcony 85, elaborada por el autor.....	171

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AIS	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
NSR-10	Norma Sismoresistente Colombiana 2010
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
Camacol	Cámara Colombiana de la Construcción
NTC	Norma técnica Colombiana
ASCE 7-10	Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civile
VBA	Visual Basic Applications

Introducción

La reglamentación para la construcción de vivienda en Colombia ha venido evolucionando desde la conformación de la Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS) que presidía el Dr. Alberto Sarria Molina, quien dio paso a la primera reglamentación para la construcción AIS - 100-81 de 1974. Posteriormente a raíz de eventos infortunados como el sismo de Popayán del año 1983, se estableció el decreto 1400 del 7 de junio de 1984. Seguidamente y gracias al apoyo de la Dirección Nacional para la prevención y Atención de Desastres, a través del Fondo Nacional de Calamidades y la activa participación de la AIS se iniciaron los estudios para una nueva actualización, que a través de la investigación de los organismos mencionados anteriormente dieron paso a la creación de la ley 400 de 1997, la cual se denominó ‘‘Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-98’’. En el año 2010 se actualiza el reglamento sismorresistente tomando como nombre la misma base pero que incluye el año de la última actualización NSR-10. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2019)

Esta investigación tiene como propósito establecer una metodología que permita diseñar y evaluar el comportamiento de los elementos no estructurales durante un sismo, dentro de las edificaciones construidas principalmente en la ciudad de Bogotá; profundizando especialmente en las fachadas y muros divisorios. El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente (NSR-10) que actualmente actúa como normativa vigente para la construcción de viviendas, establece en el último A el alcance en los elementos no estructurales, que deben someterse a consideración durante el sismo. La NSR-10 dictamina también que el cuidado de estos elementos es primordial debido a que pueden causar pérdidas materiales e incluso afectar la integridad de las personas.

En la actualidad los edificios con fachada en arcilla son muy comunes en la construcción, puesto que cuentan, con componentes muy atractivos para los constructores y urbanizadores; como el

manejo en obra; donde por su peso y dimensiones facilita el uso y almacenamiento. Sus propiedades de aislamiento térmico y su acabado brindan componentes esenciales como confort y estética, es por esta razón que (Carrillo, Aperador, & Echeverri, 2015) mencionan que no solo predominan en la industria, sino que también, son el insumo principal para la construcción de vivienda de interés social, siendo así la solución ideal para todo tipo de vivienda, clima y en cualquier zona de amenaza sísmica.

Sin embargo, los sucesos recientes en la industria de la construcción generan una voz de alerta en cuanto al cuidado y conservación de estos elementos, los cuales sin importar el tiempo de uso se pueden desprender de las fachadas o causar daños al interior de las viviendas; al ser sometidas a sismo, por cargas de viento o incluso sin ningún factor medio-ambiental que los pueda excitar.

Por lo anterior en este documento se evaluará el cumplimiento de la NSR-10 con la metodología de estudio de caso, buscando los principales errores que se comenten en el diseño de los elementos no estructurales; planteando una solución técnica desde la rama de la ingeniería que resuelva esta problemática. El cual podrá ser utilizado por profesionales del sector, organismos de control, diseñadores estructurales e incluso constructores.

Para corroborar el funcionamiento de la metodología se evaluarán nuevamente los proyectos verificando el cumplimiento de la normativa NSR-10, la coherencia de los elementos no estructurales en las memorias de cálculo y la viabilidad económica, haciendo énfasis en la ingeniería de valor¹ que como menciona Ilayaraja & Zafar Eqyaabal, (2015), es una poderosa herramienta que le permite a la industria resolver problemas comúnmente evidenciados como pérdidas innecesarias de materiales, mejorar rendimientos cumpliendo con los requisitos de calidad.

¹ (Ilayaraja & Zafar Eqyaabal, 2015)), La ingeniería de valor por sus siglas en inglés (VE) se confunde con los ejercicios de reducción de costos en la industria de la construcción. La diferencia esencial es que la VE implica reducir el costo al mejorar la funcionalidad a través de un menor consumo de energía.

1. Preguntas de investigación, Objetivos y Planteamiento del problema.

1.1 Preguntas de Investigación

Teniendo en cuenta la información planteada en la introducción, y con base en el estudio previo de investigación (protocolo) se plantean las siguientes preguntas de investigación que se buscarán resolver a lo largo del presente documento

- ¿Cómo determinar si los diseños y detalles de elementos no estructurales cumplen con los criterios de diseño de la NSR-10 según el tipo de suelo, ubicación, tipo de proyecto y en general todas las variables que dependen del uso y clasificación de la estructura?
- ¿Revisan las curadurías que los elementos no estructurales estén diseñados apropiadamente para las condiciones de sismo, y si esta información está siempre completa para ser evaluada por los profesionales responsables de esta verificación?
- ¿Se puede establecer una metodología que permita a los profesionales del sector, realizar los diseños de los elementos no estructurales cumpliendo partiendo de los procedimientos y recomendaciones del reglamento NSR-10?
- ¿Los elementos de fachada y arcilla se pueden diseñar como lo establece el reglamento colombiano de construcción, es decir, sin depender del diseño estructural y que tan aproximados son estos cálculos?
- ¿Qué impacto tiene el diseño de los elementos no estructurales en el costo de una edificación de vivienda en Bogotá, es posible mejorar este aspecto sin afectar la calidad de los elementos?

1.2 Objetivo General

Determinar una metodología que permita diseñar y evaluar el cumplimiento de los criterios establecidos en el reglamento colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10 para el diseño de elementos no estructurales, específicamente para muros divisorios y cerramientos de fachada en mampostería en edificios de vivienda.

1.3 Objetivos específicos

- 1.2.1 Establecer los componentes y detalles que son sujetos de verificación en el cumplimiento de la NSR-10 de elementos no estructurales en las memorias o en el diseño, para incluirlos en el desarrollo de la metodología.
- 1.2.2 Realizar una evaluación de mínimo 5 proyectos que se encuentren en revisión de primera instancia en la Curaduría urbana No. 3, verificando que cumplan con el criterio de evaluación descrito en la NSR-10, y que cuenten con: descripción general del proyecto, sistema estructural utilizado, planos y memorias de cálculo para elementos no estructurales.
- 1.2.3 Identificar los principales incumplimientos del diseño de elementos no estructurales en edificios de vivienda en la ciudad de Bogotá, en proyectos que no hayan sido aprobados en curaduría.
- 1.2.4 Elaborar una metodología con un programa parametrizado para la identificación del cumplimiento de la NSR-10 capítulo A.9, específicamente en elementos de fachadas y muros divisorios en mampostería.
- 1.2.5 Establecer cuáles son las consideraciones de mayor importancia para la construcción y conservación de los elementos no estructurales con el fin de realizar recomendaciones desde el punto de vista técnico y económico enfocados a mejorar la construcción de vivienda.

1.4 Antecedentes

De acuerdo con lo mencionado en la introducción se encuentra la necesidad de estudiar el comportamiento de los elementos no estructurales desde la etapa de diseño. Los responsables de realizar los diseños no estructurales en Colombia según la ley 400 de del 19 de agosto de 1997 artículo 4 numeral 12 *“profesional, facultado para ese fin, bajo cuya responsabilidad se realizan el diseño y los planos de los elementos no estructurales de la edificación y quien los firma o rotula”*. Sin embargo, más adelante en el capítulo 2 artículo 26 se establecen la experiencia o competencias de los diseñadores así *“El diseñador debe ser un ingeniero civil cuando se trate de diseños estructurales y estudios geotécnicos, y un arquitecto o ingeniero civil o mecánico en el caso de diseños de elementos no estructurales”*

Con base en lo anterior se establece que los diseñadores de elementos no estructurales son profesionales con conocimientos de estática y dinámica de materiales, pero no se garantiza que las competencias de estos diseñadores son en el sector construcción, donde se especifican materiales exclusivos y susceptibles de omitir consideraciones de vital importancia para la ejecución de los mismos.

Por otra parte, en Colombia se ha identificado una problemática en esta materia que, aunque no está cifrada en las entidades de control como la Cámara Colombiana De La Construcción (Camacol), Superintendencia de industria y comercio (SIC), Curadurías, Alcaldías, entre otras; si se han publicado en los medios de comunicación y redes sociales donde se observa el peligro que conlleva la caída de estos elementos, como los que se mencionan a continuación:

- Publicación del diario el espectador donde en su artículo del 14 de junio del 2019 identificada con el titular *“Colapso de una estructura en el oriente de Bogotá deja dos personas muertas”* se puede observar que el desprendimiento de una fachada causo la muerte de las personas que pasaban por ese punto de la ciudad (R. Bogotá, 2019)

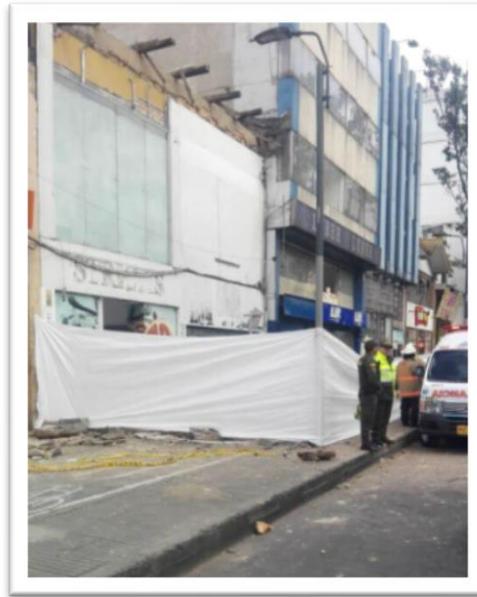


Figura 1 Redacción Bogotá, (14,06,2019) Colapso de una estructura en el oriente de Bogotá deja dos personas muertas, Bogotá²

- Según (Arango, 2016) en su publicación “Edificio en Itagüí fue evacuado luego de colapso de un muro” en el diario el colombiano se puede establecer que incluso en edificaciones nuevas, este tipo de incidentes pueden ocasionar pérdidas fatales, pues no solo la caída de objetos afecta a habitantes y transeúntes sino el contacto con estructuras colindantes que en este caso se trataban de redes eléctricas.

² Recuperada de <https://www.elspectador.com/noticias/bogota/colapso-de-una-estructura-en-el-oriente-de-bogota-deja-dos-personas-muertas-articulo-865997>



3

Figura 2 Arango, C. (22,09,2016) Edificio en Itagüí fue evacuado luego de colapso de un muro, Medellín, fotografía cortesía de Betancur, C.

- Pero estos problemas no solo ocurren en Colombia, en general en América Latina se vienen presentando eventos relacionados con la caída de elementos no estructurales que afectan la integridad de las personas. Uno de los más recientes eventos sísmicos se presentó en Ciudad de México el 16 de febrero de 2018 donde según el medio de comunicación Publimetro en su comunicado del mismo día titulado “Se desploma fachada de edificio en la Condesa tras fuerte sismo” se presentaron daños estructurales en las edificaciones, para la publicación se tomó como referencia un edificio ubicado en la colonia Condesa que se observa en la figura 1, publicado por (Bravo, 2018)

³ Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/colapso-muro-en-edificio-en-itagui-DX5033353>

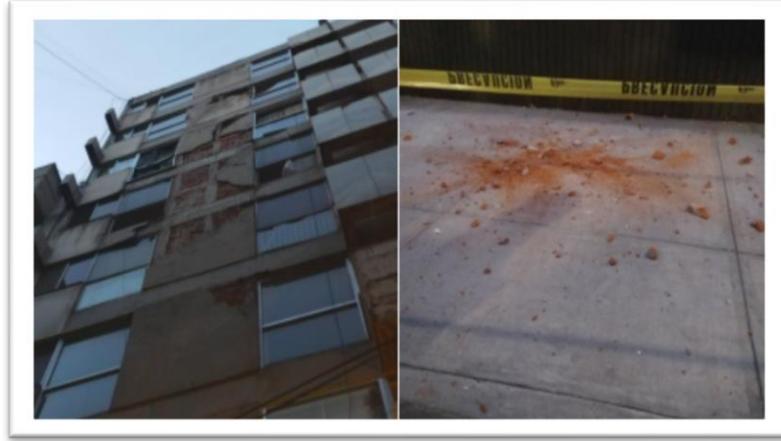


Figura 3 Rochester, Hobbes [@hobbes 313](16,02,2018) Edificio dañado en 19S en Ámsterdam 232, Condesa, presenta nuevos daños tras #sismo16F⁴

- Otro evento catastrófico se ocurrió en el año 1999 en Santander, España, donde la caída de una fachada del hospital Marqués de Valdecilla causó la muerte de 4 personas y dejó heridas a 15 atribuyendo responsabilidades a deficiencias en la construcción y a cargas de viento, que enmarca la responsabilidad al diseñador y constructor (Delgado & Camacho, 1999)

En conclusión, se pueden enumerar un sinnúmero de eventos que han ocasionado pérdidas humanas, lesiones o simplemente daños materiales, por lo cual se hace necesario reforzar el cuidado de los elementos no estructurales no solo en condiciones ideales, sino también cuando estos son sometidos a sismos.

1.5 Planteamiento del problema

Una vez enfocado el propósito de estudio y referenciados algunos sucesos que aumentan la importancia de esta investigación, se establecen los criterios y el estado en el cual está enfocada la presente investigación.

⁴ Recuperado de <https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2018/02/16/se-desploma-fachada-edificio-en-la-condesa-fuerte-sismo.html>

Durante su vida útil, las construcciones están sujetas a deformaciones por la acción de esfuerzos verticales y horizontales los cuales pueden generar fisuramiento; por los puntos de desplazamientos de los materiales, e incluso puede llegar a fracturarlos, generando un aumento en la vulnerabilidad especialmente en la acción sísmica; por tal motivo se han realizado varios estudios para determinar la resistencia a la compresión y a la flexión de los elementos cerámicos en arcilla generando ensayos cíclicos de carga y descarga para la evaluación de la fatiga estableciendo el comportamiento de los mismos en el rango elástico, es decir, antes del límite de fluencia o falla como lo mencionan García. Nelson Afanador, Gomez. Gustavo Guerrero, (2012)

En la industria de la construcción Colombiana las ladrilleras juegan un papel importante, debido a que, sin importar el comportamiento en el sector construcción; asociado a ventas de inmuebles o la obtención de licencias, las ladrilleras siempre incrementan su producción año tras año, según un artículo publicado por el diario el Tiempo, (2004) el 11 de agosto titulado “LADRILLERAS TIPO EXPORTACIÓN”⁵ esta industria presenta ventas hasta por 140.000 millones de pesos anuales, no solo a nivel local, sino también en calidad de exportación, en la misma publicación se establece que la empresa ladrillera con mayor crecimiento en el sector con un 26.7 % semestral es Ladrillera Santafé

Por lo tanto, es importante evaluar los criterios del reglamento colombiano NSR-10 que ocasionan el desprendimiento de los elementos no estructurales de la matriz de los edificios, determinando un método que permita identificar las condiciones de servicio de los mismos para garantizar la seguridad de los habitantes del edificio, la estabilidad de las zonas comunes, el aseguramiento de los bienes materiales que colindan con las fachadas y lo más importante salvaguardar la vida e integridad de las personas que transitan por las zonas privadas, comunes y exteriores que pueden ser afectadas por la caída de dichos materiales.

⁵ Información recuperada del diario el Tiempo <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1579787>

Como se mencionó anteriormente una de las empresas de mayor producción de piezas de mampostería para la construcción de fachada en Colombia es **Ladrillera Santafé** quienes cuentan en su sitio Web con soluciones para el cuidado y mantenimiento de los productos que fabrican. Sin embargo, como establecen García. Nelson Afanador, Gomez. Gustavo Guerrero, (2012) el cuidado de estos materiales depende de los procesos de fabricación, es decir, la calidad de los mismos se evalúa en las plantas productoras, puesto que sus propiedades dependen de factores como la temperatura bajo las cuales fueron producidos.

Un ensayo que determina la resistencia final del material es la absorción de contenido de agua, Norma Técnica Colombiana NTC -4017 “MÉTODOS PARA MUESTREO Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y OTROS PRODUCTOS DE ARCILLA” establece el procedimiento para determinar los contenidos de absorción de las muestras, módulo de rotura, expansión por humedad y resistencia a la compresión, que son los que se controlan en los procesos de calidad que actualmente se realizan en esta industria.

Es por todo lo anterior que una vez establecido que los materiales han presentado una dinámica de cambio y que la producción de los mismos tiene parámetros que se miden constantemente, aparece la necesidad de evaluar el diseño estructural de la matriz. En otras palabras, la evaluación sísmica y estructural de los componentes primordiales que se utilizan para el cerramiento de fachadas y muros divisorios al interior de las viviendas.

2. Marco Teórico

Para el desarrollo de la perspectiva teórica como lo mencionan Hernández, Fernández, & Baptista, (2014, p.60) se hace necesario exponer y analizar las distintas posiciones, teorías y los productos de investigaciones previas, realizadas para aumentar el conocimiento en el tema. Por lo tanto, se efectúa una revisión del universo de investigaciones y para ello se estableció; utilizar buscadores recomendados por Hernández y otros como: Scopus, Science Direct, Scielo, entre otros.

Iniciamos la concepción teórica donde se puede establecer que el impulsor de cualquier economía moderna es la investigación, y al revisar nuestro propósito de estudio, el cual se encuentra dirigido al sector de la construcción, podemos establecer que, como lo mencionan Marhani, Jaapar, y Bari, (2012) se vienen desarrollando tecnologías y metodologías que aportan conocimiento enfocado en la reducción de las pérdidas y la optimización de los recursos, es por eso que se encuentra la necesidad de enfocar los productos de investigación en las tres líneas fundamentales de la sociedad moderna en evolución: económico, social y medioambiental. Dicho esto, se enfocarán los resultados de la siguiente forma:

- Económico: El desarrollo de la metodología no solo permitirá garantizar el adecuado uso de los elementos no estructurales, sino también optimizará los diseños evitando sobredimensionamientos que afectan el costo de los proyectos y generan un mayor gasto energético para la producción de los materiales tales como; ladrillos, bloques, acero, cemento y agregados. Dado lo anterior se expone el concepto de ingeniería de valor, que enfocado en la industria de la construcción está enfocado en factores claves como la eficiencia, calidad y mejorar la gestión de proyectos de infraestructura que finalmente

resultan impactando el valor de los proyectos que en la mayoría de los casos es medido en su impacto en tiempo y costo (Ilayaraja & Zafar Eqyaabal, 2015)

- **Social:** La importancia de la vida en sociedad radica en el conocimiento general de los individuos, es por eso que la implementación de la metodología debe tener un procedimiento práctico y no técnico, pues de esto depende que se pueda establecer un análisis de los resultados obtenidos que, permitan una correcta toma de decisiones para mitigar el impacto que ocasiona la pérdida de las características físicas de los materiales de estudio (Elkington, 1998), también es conveniente aclarar que los proyectos de construcción donde están dispuestos los materiales que conforman los elementos no estructurales impactan a la sociedad en general; tal y como se menciona en el planteamiento del problema de la presente investigación ; por lo tanto el entregable final que es la metodología busca mitigar el riesgo que tiene el desprendimiento de una fachada o desplome de muros divisorios durante la vida útil de las edificaciones o en el momento del sismo.
- **Medioambiental:** como se mencionó en el factor económico al aplicar metodologías como el de la ingeniería de valor se busca mejorar los desperdicios que se tienen con la correcta disposición de los elementos no estructurales. En especial la producción de ladrillos en arcilla tiene un impacto ambiental que deriva en acciones que son importantes en el momento de disponer este tipo de elementos, los efectos que producen en la capa de ozono ocasionando un deterioro por el consumo de agua, desgaste energético y su afectación a la naturaleza con las emisiones de CO₂ (Rincón & Wellens, 2011)

Una de estas es la metodología que aparecen en el sector constructor es Lean Construction tomada de Lean Manufacturing; la cual está enfocada al estudio de las variables para la disminución de pérdidas en todas las áreas del sector como: materiales, productividad y accidentalidad, es decir, aplica para todos los interesados del sector, por lo tanto, se puede inferir que estas metodologías son buenas prácticas para el desarrollo de los proyectos y los procesos que se derivan de estos.(Rojas López, Henao Grajales, & Valencia Corrales, 2017)

Ahora bien, entendemos que el sector de la construcción se encuentra en evolución con metodologías de apoyo para su adecuado desarrollo, sin embargo, en la actualidad el gran reto de las empresas constructoras es enfocar estos métodos de apoyo para realizar procedimientos que aseguren la calidad del producto, y con calidad nos referimos al valor que tiene el producto terminado en el tiempo.

La mampostería es un material compuesto donde se encuentran los siguientes elementos; ladrillos en arcilla, mortero, acero de refuerzo y dilatadores de la estructura. Por lo tanto, este material compuesto debe ser evaluado como sistema y no como unidad definido así en la NSR-10 Último D. Los ensayos en el material deberían establecer que tan rígido es, entendiendo que rigidez es la capacidad del material de oponerse a las deformaciones, para evaluar cómo se comporta con la acción de esfuerzos horizontales, tal y como se realiza en el concreto con la NTC 3707

Para el cálculo estructural de la mampostería confinada Alcocer, Sergio M. Hernandez, Hugo. Sandoval, (2013) establecen que, para evaluar el material frente a un comportamiento sísmico, es necesario, realizar ensayos específicos para su aplicación, evaluándolos así en una curva envolvente de resistencia lateral, el método consiste en incrementar los desplazamientos laterales hasta que la estructura alcanza su estado máximo de utilidad, de tal modo se puede establecer un valor aproximado de rango elástico antes de llegar a la fluencia o para el caso del ensayo a la fatiga. Estos métodos son tomados con base en resultados de ensayos cíclicos que se han desarrollado en México.

Cabe aclarar que, en nuestro caso el reglamento de construcción sismo resistente vigente NSR-10, no cuenta con un análisis específico para el diseño de los materiales de fachada, por encontrarse contenido en el apartado de elementos no estructurales, es por este motivo que revisamos los casos de éxito y las buenas prácticas que se han tomado en otros escenarios.

Un ejemplo de esto es la revisión con la norma estadounidense FEMA E-74 Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage, donde se establecen métodos para evaluar los componentes

no estructurales de los edificios donde se deben incluir todos los elementos que no forman parte del diseño estructural; basados en datos obtenidos durante los terremotos recientes en Chile, Nueva Zelanda, Japón, Virginia y otros terremotos anteriores en California, Washington y otras partes de los Estados Unidos.

2.1 Elementos no estructurales

Como se mencionó anteriormente es la NSR – 10 en el último A la encargada de reglamentar las consideraciones a sismo de los elementos no estructurales. Sin embargo, es importante revisar cuales son las consideraciones mínimas que se deben establecer para el diseño estructural de edificios en mampostería.

Se identifica en el numeral A.9.1.2 de la NSR-10, el alcance de los elementos que deben ser diseñados sísmicamente como son:

- (a) Acabados y elementos arquitectónicos y decorativos,
- (b) Instalaciones hidráulicas y sanitarias,
- (c) Instalaciones eléctricas,
- (d) Instalaciones de gas,
- (e) Equipos mecánicos,
- (f) Estanterías e
- (g) Instalaciones especiales.

Para el caso de la presente investigación, nos enfocaremos en los acabados y elementos arquitectónicos y decorativos, que como se mencionó en el objetivo general, nos situaremos sobre fachadas y muros divisorios construidos con mampostería.

Las tendencias actuales de la vivienda en América latina han evolucionado solicitando que la ingeniería cuente con respuestas a diseños arquitectónicos retadores, donde se observan nuevas tendencias con proyectos con irregularidades en su composición geométrica, y de gran altura (Espinosa C. y otros, 2014), es por razones como esta que se deben revisar a profundidad los diseños de todos los elementos que componen la matriz de los proyectos con especial cuidado los que pueden ser susceptibles de daños como el cerramiento de fachadas y los muros divisorios.

Para situar el presente documento es necesario hablar sobre la falta de integración de los elementos no estructurales en la revisión del diseño estructural, es por este motivo que las tecnologías como BIM y Lean han tratado de incluir la verificación del diseño estructural de estos elementos.

Dichos elementos no son comúnmente evaluados a sismo pues como es mencionado por Perrone & Filiatrault (2017) se presentan inconvenientes con la aprobación por parte de inversores o las partes interesadas del proyecto pues da la percepción que el costo del proyecto aumentaría. Sin embargo mas adelante en el mismo documento “Automated seismic design of non-structural elements with building information modelling” se expone un estudio que realizo la empresa Hilti ⁶ donde se realiza la comparación de los costos entre los elementos de soporte en tuberías con y sin diseño sísmico, informando que el aumento en el capítulo total de tuberías es del 1% y el aumento en los costos específicamente de sopores es del orden del 17%.

En Colombia como se mencionó en el capítulo 1 del presente documento, la reglamentación del diseño estructural está contenida en la NSR-10 donde se especifica el alcance de los criterios y

⁶ Recuperado de <https://blog.hilti.it/impianti-antisismici-qual-e-impatto-sui-costi>

cuidados para los elementos no estructurales que deben someterse a consideración durante el sismo, los cuales están compuestos por acabados y elementos arquitectónicos, instalaciones, equipos y estanterías, es decir, que se disponen posterior a la construcción de la matriz de la estructura.

2.2 Diseño de elementos no estructurales

2.2.1 Consideraciones Generales

El diseño de los elementos no estructurales en Colombia está dado por los requerimientos de la NSR-10 Último A, que como se mencionó en los antecedentes de la investigación la reglamentación en cuanto a las competencias de los profesionales facultados para tal fin la rige la ley 400 de del 19 de agosto de 1997 artículo 4 numeral 12 *“profesional, facultado para ese fin, bajo cuya responsabilidad se realizan el diseño y los planos de los elementos no estructurales de la edificación y quien los firma o rotula”*. Sin embargo, más adelante en el capítulo 2 artículo 26 se establecen la experiencia o competencias de los diseñadores así *“El diseñador debe ser un ingeniero civil cuando se trate de diseños estructurales y estudios geotécnicos, y un arquitecto o ingeniero civil o mecánico en el caso de diseños de elementos no estructurales”*

Además de lo dispuesto en la NSR 10, la resolución 0017 del 04 de diciembre de 2017 de LA COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, indica los siguientes puntos:

- **Calidades de los profesionales:** en este apartado habla de la idoneidad de los diseñadores, los cuales deben conocer la ley 400 de 1997 y deben contar con matrícula profesional en: Arquitectura, Ingeniería civil o Ingeniería mecánica. Sin embargo, se hace énfasis que para

el diseño de los elementos arquitectónicos que son el objeto de la presente investigación, este profesional debe contar con una experiencia mayor a tres años en: diseño estructural, diseño de elementos no estructurales, trabajos geotécnicos, construcción, interventoría o supervisión técnica. No se especifica si este profesional cuenta con independencia contractual.

Por otra parte, el revisor de los diseños de elementos no estructurales puede contar con las mismas competencias descritas anteriormente, pero con una variación en el tiempo de experiencia, el cual no puede ser inferior a 5 años, y en este caso si se especifica que debe tener independencia laboral con el diseñador.

- **Datos que debe suministrar el diseñador de elementos no estructurales:** Estos fueron tomados de la hoja No. 32 de la resolución 0017, textualmente debido a su importancia.
 - *“i. Descripción de la solución estructural adoptada según lo prescribe el Capítulo A.3 de NSR-10.*
 - *ii. Valores descriptivos del espectro de aceleraciones de diseño en superficie utilizados en el diseño estructural (forma espectral y los valores empleados en el diseño de la estructura, según lo requiera el Capítulo A.2 de NSR-10).*
 - *iii. Períodos de vibración fundamental en las dos direcciones principales en planta de la edificación, obtenidos del análisis estructural de acuerdo con el método de la fuerza horizontal equivalente del Capítulo A.4 de NSR-10. Si se utilizó análisis dinámico, según el Capítulo A.5, el diseñador estructural debe incluir esta información adicional y hacer las salvedades que considere pertinentes.*
 - *iv. Entregar una relación de las fuerzas horizontales de diseño sísmico por el método de la fuerza horizontal equivalente del Capítulo A.4 del Reglamento NSR-10, que incluya el valor de la fuerza horizontal de diseño, la masa de cada uno de los pisos y las deflexiones laterales utilizadas para calcular las derivas de la edificación. Así mismo, debe incluir las fuerzas torsionales debidas a torsión de todo el piso, según lo requerido en el Capítulo A.3 de NSR-10. Si se utilizó análisis dinámico, según el Capítulo A.5, el diseñador estructural debe incluir esta información adicional y hacer las salvedades que considere pertinentes. El*

diseñador estructural debe dejar claro si las fuerzas sísmicas suministradas ya han sido divididas por el coeficiente de modificación de respuesta R, o no.”

Con la información anterior se establecerá en análisis de los parámetros de diseño sísmico teniendo en cuenta las consideraciones de lo expuesto en la NSR-10 A.9.4.2, avala también la utilización de segunda ley de Newton para el cálculo de las aceleraciones en la base del elemento no estructural (Resolución 0017 del 04 de diciembre de 2017 (Hoja No 32)

A primera vista se deben revisar las consideraciones desde el análisis de la estructura que se debe evaluar por lo tanto se deben revisar las características generales del proyecto, la zona en la que se encuentra ubicado, el tipo de proyecto, estudio de suelos y los componentes estructurales del mismo, esto con el fin de realizar una correcta identificación de los datos de entrada.

Al igual que los muros de mampostería el análisis de los elementos no estructurales propuestos se dividen en mampostería parcialmente reforzada y mampostería confinada como se observa en el último A de la NSR – 10, es por esta razón que la evaluación de estos elementos debe contener un análisis de los 2 criterios de daño de una estructura: Flexión y Corte (Espinosa Cazarín y otros., 2014). En Colombia en el 2004 en asocio entre: Colciencias, la Universidad de los Andes, Ladrillera Santa fe y Sika publicaron un documento para las consideraciones de diseño para los elementos que son objeto de estudio de la presente investigación en la que se puede tomar una base para la revisión de estos elementos.

Se puede identificar en este documento Andes, (2004) que el análisis de estos elementos esta dado por una revisión general del análisis de una estructura convencional, la cual puede estar simplemente apoyada o en voladizo según la disposición que este tenga

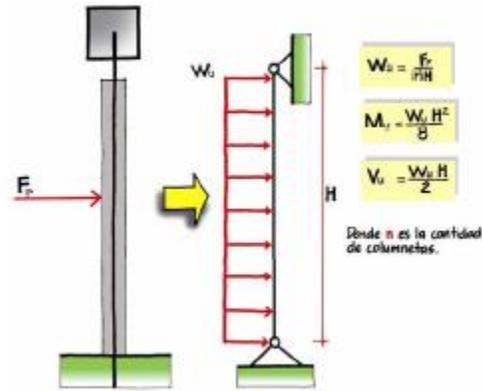


Figura 4 Diagrama de cuerpo libre, tomado de Andes, (2004), analizado como mampostería confinada apoyada arriba y abajo.

Como se puede observar en análisis en la figura 4 es fundamental realizar la evaluación por flexión y flexo-compresión para determinar su comportamiento en el rango elástico, la flexión de un muro de mampostería confinada o parcialmente reforzada se da a partir de una fuerza de sismo F_p , que excita el elemento, donde se puede establecer que el análisis se puede dar por la teoría convencional de la flexión desarrollada para el diseño de estructuras en concreto (Espinosa Cazarín y otros, 2014).

En el caso del corte se expresa dependiendo el punto de anclaje de este elemento a la estructura donde se encuentra que los esfuerzos resultantes de la acción de la fuerza de sismo están dados por la carga axial sobre el elemento, contrarrestada por la resistencia del acero de refuerzo. Es por eso que Espinosa Cazarín y otros (2014) con el fin de aclarar el comportamiento de estos elementos realizan la siguiente ilustración donde: M_p es el momento plástico que el muro es capaz de desarrollar en sus extremos, V_r su capacidad de corte, V el cortante actuante en el muro y H la altura total del elemento,

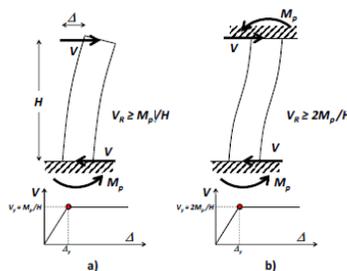


Figura 5 Cortante máximo esperado en muros de mampostería que se dañan a flexión: a) Curvatura simple, b) Doble curvatura (Espinosa Cazarín et al., 2014)

Es así como desde el análisis estático de estructuras en concreto y después de verificado el comportamiento que pueden tener los elementos de soporte para la mampostería confinada y parcialmente reforzada, se deben utilizar las siguientes ecuaciones ya demostradas y tomadas del libro “Design of Concrete Structures” (Nilson, Darwin, y Dolan, 2009)

$$\text{Simplemente apoyado} = \begin{cases} Mu = \frac{Wu * l^2}{8} \\ Vu = \frac{Wu * l}{2} \end{cases}$$

$$\text{Apoyado en un extremo} = \begin{cases} Mu = \frac{Wu * l^2}{2} \\ Vu = Wu * l \end{cases}$$

2.2.1 Procedimiento de diseño

Tomado de la resolución 0017 del 04 de diciembre de 2017, y lo establecido en el reglamento NSR-10 se establece una guía base para la identificación de los requisitos de diseño y construcción sismo resistente:

- Identificación del grado de desempeño tomado del título A capítulo 9.

- Revisar las competencias del diseñador encargado de llevar a cabo la evaluación sísmica de los elementos no estructurales.
- Tener en cuenta todos los elementos que están contemplados en el reglamento para la evolución sísmica de los mismos, para el caso de la presente investigación los elementos arquitectónicos específicamente fachadas y muros divisorios construidos con arcilla evaluados como mampostería confinada y parcialmente reforzada.
- Se debe recopilar los diferentes diseños técnicos, los cuales serán incluidos en una sola memoria para ser radicados en la entidad competente de emitir la licencia de construcción (Curaduría Urbana).
- Cumplir con los requisitos dispuestos en la resolución 0017 y la NSR – 10 en cuanto al contenido de las memorias de cálculo y los planos técnicos

Una vez verificado el procedimiento básico para el desarrollo del diseño de los elementos a evaluar se establece también que de acuerdo con la segunda ley de Newton; toda estructura responde dinámicamente a la acción de cargas o deformaciones, generando fuerzas inerciales que se expresan en componentes de su masa y aceleración (Oviedo y Duque, 2009).

2.2.2 Identificación del nivel de amenaza sísmico

Para la etapa de diseño se revisará el procedimiento que plantea el reglamento NSR-10, la Resolución 0017 del 04 de diciembre de 20017 y lo enunciado en la cartilla de Colciencias en compañía de la universidad de los Andes.

Como ya se mencionó anteriormente la primera etapa del diseño es la ubicación del proyecto, su sistema estructural y su análisis geotécnico. La primera parte está dada por la toma de datos que se encuentran contenidas en el último A del reglamento donde en primera instancia se debe conocer la información referente al *coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva*, y el

coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dados en la tabla A.2.3-2 de la NSR 10 esta tabla se podrá encontrar en el procedimiento general; Para Bogotá estos valores son 0,15 y 0,20 respectivamente, además de esta información también se establece que dicha ciudad se encuentra en una zona de amenaza sísmica “intermedia, es importante mencionar que la Comisión Asesora Permanente Para El Régimen De Construcciones Sismo Resistente, en la resolución 17 de 2017 establece que están excluidas las edificaciones contenidas en los grupos de uso I y II que se encuentren ubicados en zonas de amenaza baja.

Para identificar la zona de amenaza sísmica es necesario revisar en que zona se encuentra el proyecto que se debe evaluar, por lo tanto, se adopta lo recomienda la NSR 10 último A página A-18:

Tabla 1 Tomada de la Tabla A.2.3-1 de la NSR 10, Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v , transcrita por el autor

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia

San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Después de identificado el nivel de amenaza sísmica, con el objeto de continuar con el planteamiento de la presente investigación, se sitúa la atención en Bogotá, donde sin importar el nivel, grado de desempeño o localidad; estos proyectos deben ser evaluados a sismo, no solo estructuralmente sino también los elementos no estructurales.

Cabe resaltar que según Oviedo y Duque (2009) más del 85% de la población colombiana se encuentra expuestas a zonas con amenaza sísmica intermedia y alta, es por esta razón que la NSR-10 establece cuales son los daños permitidos según el grupo de uso al que corresponde la estructura y su grado de desempeño evaluado. Por otro lado, al consultar lo establecido por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER)⁷ se aclara que en Colombia aproximadamente el 83% de la población está ubicado en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta. Es por lo anterior que se deben revisar las recomendaciones que establecen el reglamento NSR-10 para los proyectos de vivienda constituidos en los grupos de uso mencionados anteriormente

2.2.3 Consideraciones evaluación geotécnica

Posteriormente, se debe realizar la evaluación del componente geotécnico se deben revisar los valores que expresados en la tabla de microzonificación sísmica que para el caso de Bogotá se encuentra en el decreto 523 del 2010 (Bogotá, 2010),

⁷ Recuperado de <https://www.idiger.gov.co/rsismico>, en esta página también se describe el significado de los sismos, amenaza sísmica en Bogotá que es el objeto de investigación principal, historia de sismos a nivel Bogotá y por último la reducción del riesgo sísmico.

Tabla 2. Coeficientes y curva de diseño - Microzonificación sísmica de Bogotá: Decreto 523 de 2010, tomado de coeficientes de diseño, transcrita por el autor

Zonas	Fa	Fv	Tc	TI	A0
CERROS	1,35	1,3	0,62	3	0,18
PIEDEMONTE A	1,65	2	0,78	3	0,22
PIEDEMONTE B	1,95	1,7	0,56	3	0,26
PIEDEMONTE C	1,8	1,7	0,6	3	0,24
LACUSTRE 50	1,4	2,9	1,33	4	0,21
LACUSTRE 100	1,3	3,2	1,58	4	0,2
LACUSTRE 200	1,2	3,5	1,87	4	0,18
LACUSTRE 300	1,05	2,9	1,77	5	0,16
LACUSTRE 500	0,95	2,7	1,82	5	0,14
LACUSTRE ALUVIAL 200	1,1	2,8	1,63	4	0,17
LACUSTRE ALUVIAL 300	1	2,5	1,6	5	0,15
ALUVIAL 50	1,35	2,8	0,85	3,5	0,2
ALUVIAL 100	1,2	2,1	1,12	3,5	0,18
ALUVIAL 200	1,05	2,1	1,28	3,5	0,16
ALUVIAL 300	0,95	2,1	1,41	3,5	0,14
DEPOSITO LADERA	1,65	1,7	0,66	3	0,22

Dado lo anterior, se ubica a que microzonificación pertenece el proyecto a evaluar, para así determinar los valores de: 1. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos (Fa) y 2. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios (Fv). En el caso de no contar con la microzonificación la NSR-10 establece otra opción contenida en la tabla A.2.4-3

Tabla 3 Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro, tomado de la tabla A.2.4-3 de la NSR-10, transcrita por el autor

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

F véase nota véase nota véase nota Véase nota véase nota

Tabla 4 Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos cortos del espectro, tomado de la tabla A.2.4-4 de la NSR-10, transcrita por el autor

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

Ahora bien, si la zona que se evalúa no cuenta con microzonificación sísmica se pueden utilizar las Tablas 3 y 4 donde se observan los valores de F_a y F_v , dependiendo el tipo de suelo. Tal y como se plantea en la NSR-10 para la utilización del perfil de suelo F; debe realizarse una investigación geotécnica particular donde se determinen las consideraciones pertinentes para el cálculo de los valores F_a y F_v

Una vez determinado el componente de geotecnia, se puede establecer el grado de importancia y el grupo de uso la cual pertenece el proyecto, para este caso se debe revisar estrictamente cuales son los requerimientos, excepciones omisiones de actividades que ya se han llevado a cabo.

2.2.4 Identificación del proyecto

Para establecer cuál es el proyecto, se deben revisar cuales son las entradas pertinentes, se deben revisar consideraciones como el sistema estructural del proyecto, su destinación o uso y el grado de desempeño sísmico con el que debe contar la estructura.

Antes de iniciar el diseño sísmico de los elementos no estructurales, es conveniente revisar los principios básicos y métodos de análisis. Debido a la implementación de nuevas metodologías que permiten obtener datos con mayor grado de precisión con BIM, LEAN, entre otros; se puede establecer la disciplina de la ingeniería estructural viene experimentando cambios y mejoras importante en la forma de evaluación de los elementos estructurales y no estructurales, Lo que nos

lleva a realizar la evaluación dinámica de cada estructura como componente independiente (Soong, T.T. y Dargush, 1999)

Existen técnicas convencionales para mitigar y controlar la respuesta sísmica de las edificaciones en Colombia que están contenidas en la NSR-10 , sin embargo como lo mencionan Oviedo y Duque (2009) están basadas en la combinación de resistencia, rigidez y la capacidad de disipación de energía en el rango elástico de la estructura evaluada. Debido a que el diseño estructural de los elementos no puede superar el rango elástico (Limite plástico), es necesario realizar un cuidadoso análisis para la distribución del refuerzo, su configuración estructural y los tipos de conexiones con las que se deben complementar estos elementos.

También lo mencionan Oviedo & Duque (2009) en su artículo “Sistemas De Control De Respuesta Sísmica en Edificaciones” que en otros países las técnicas utilizadas para la disipación de energía se han complementado con sistemas adicionales a los elementos estructurales. El uso de estas técnicas de control tiene como objetivo reducir la demanda sísmica de diseño, controlando su deformación o deriva; garantizando que el daño al que puede ser sometido cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento NSR-10 según el uso de la edificación.

En la NSR-10 se establecen en el último A, capítulo 2.5 los grupos de uso y coeficientes de importancia para las edificaciones, y están dadas según la siguiente clasificación:

- Grupo iv – Edificaciones indispensables.
- Grupo iii – Edificaciones de atención a la comunidad.
- Grupo ii – Estructuras de ocupación especial.
- Grupo i – Estructuras de ocupación normal.

De manera posterior, se obtiene el coeficiente de importancia I mediante la tabla A.2.5-1 de la norma sismorresistente colombiana.

Tabla 5 Valores del coeficiente que sugiere la NSR.10 en la tabla Tabla A.2.5-1 transcrita por el autor

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

2.2.5 Consideraciones para diseño de elementos no estructurales

Con la información obtenida anteriormente se da inicio a verificación para el diseño de los elementos no estructurales, revisando valores como el periodo fundamental de la estructura, peso de los materiales evaluados, fuerzas de sismo, aceleración en el punto de punto de apoyo, cortantes, momentos, para así finalmente establecer el refuerzo necesario, su anclaje a la estructura y la separación óptima.

Inicialmente se debe considerar el espectro de diseño que basados en el último A de la NSR-10 capítulo 2.6 esta expresado por S_a (valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración) y se da en valores de gravedad, donde para realizar el correspondiente análisis se debe tomar de la siguiente figura:

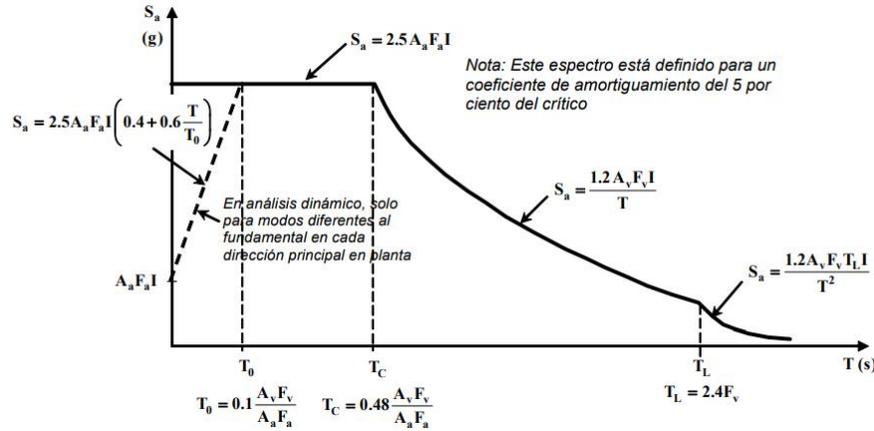


Figura 6 Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g, tomado de la NSR-10 A.2.6

La NSR-10 establece que para el valor del periodo fundamental del edificio puede estar dado por el análisis dinámico estructural, ó alternativamente se puede considerar lo establecido en el capítulo A.4.2, donde al encontrar los coeficientes Ct y Alpha obtenidos de la tabla A.4.2-1 se puede expresar un valor aproximado del mismo:

$$T_a = C_t * h^\alpha \tag{Ecuación 1}$$

Tabla 6 Valor de los parámetros Ct y α para el cálculo del periodo aproximado Ta, tomado de la NSR-10 Tabla A.4.2-1

Sistema estructural de resistencia sísmica	C _t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8

Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0. 75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0. 75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	<u>0.00622</u> $\sqrt{C_w}$	1. 00

Dentro de este marco se debe establecer también el valor para la “Aceleración En El Punto De Soporte Del Elemento (a_x)” que se determina según lo expresado en la NSR-10 A.9.4.2.1, su cálculo se basa en la ecuación.

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

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

h_{eq} puede estimarse simplifcadamente como $0.75h_n$.

Ecuación 2

Por lo anterior se puede evidenciar que el cálculo de la aceleración a_x , está relacionada directamente con la distancia vertical desde el nivel de empotramiento del edificio hasta el punto de apoyo, es por esta razón que se debe revisar si estas consideraciones son suficientes para el diseño de estos elementos. Se revisan entonces estudios como el realizado por Barbosa, Álvarez E., y Carrillo León (2018) en su publicación “Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios” donde realizan una comparación de las aceleraciones que plantea el reglamento NSR-10 y los resultados obtenidos en una mesa vibratoria e incluso códigos internacionales como la norma americana ASCE 7-10, el UBC-97, el Eurocódigo 8-04 y la norma neozelandesa NZS 1170.5-04, son significativamente menores a los ya mencionados. En conclusión, los edificios de mediana y gran altura pueden contar con un margen de error significativo al ser sometido a sismo estos elementos.

Según el estudio realizado por Barbosa, Álvarez E., y Carrillo León (2018), demuestran que los valores obtenidos para a_x desde un análisis experimental, son distintos a los propuestos en la NSR-10. Mientras tanto al verificarse con las normas ASCE 7-10, el UBC-97, el Eurocódigo 8-04 son representativas de la envolvente de diseño con las medidas experimentalmente; es importante señalar que el Eurocódigo 8-04 en su reglamento, no contempla el efecto de amplificación que si se revisa en la NSR-10 expresado como a_p , afectando exclusivamente el periodo fundamental de la estructura T_x y T_y .(Hernández et al., 2014b)

Después de revisados los valores de a_x , se deben contemplar las variables a_p (Amplificación dinámica del elemento no estructural) y R_p (Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento no estructural). Especialmente en el cálculo de R_p se han revisado diferentes combinaciones de materiales para determinar la mejor alternativa para la interacción del elemento no estructural con la estructura; como la utilización de anclajes, disipadores viscosos, viscos elásticos, histéricos entre otros. (Barrios, 2009).

Los valores de R_p permitidos según la NSR-10 varían entre 0.5 y 6.0, según A.9.4.9.

Tabla 7 “Coeficiente de amplificación dinámica, a_p , y tipo de anclajes o amarres requeridos, usado para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , para elementos arquitectónicos y acabados, tomado de la NSR-10 Tabla A.9.5-1”

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido en A.9.4.9		
		Superior	Grado de desempeño	
			Buena	Baja
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas	1.0	No se permite este tipo de elemento no		No dúctiles ⁽¹⁾

arriba y abajo		estructural		
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽²⁾
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Altillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido ⁽³⁾
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾

Una vez obtenidos los valores mencionados anteriormente se debe calcular el valor de la fuerza sísmica horizontal, F_p , la cual corresponde directamente al peso propio del elemento, con el objeto de realizar el cálculo dinámico del elemento no estructural es necesario revisar el tipo de anclaje o arriostramiento que vinculado a la estructura permite determinar los efectos inerciales de la condición de sismo que causan el desplazamiento o colapso de los elementos evaluados. (Barbosa y otros, 2018)

De acuerdo con la NSR-10 Tomada de la NSR-10 A.9.4-1

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

Ecuación 3

Dependiendo el peso del elemento se calcularán también las particiones o componentes del material que conforman la matriz de diseño, una forma de llevar a cabo este procedimiento es con la revisión de lo dispuesto en el Último B de la NSR-10 Capítulo 3.4.2

Tabla 8 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales Muros, tomado de la tabla B.3.4.2-4

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)</i>					<i>Carga (kgf/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)</i>				
Muros										
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):										
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00					100				
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50					250				
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm) $\frac{100}{150 \quad 200 \quad 250 \quad 300}$</i>					<i>Espesor del muro (en cm) $\frac{10}{15 \quad 20 \quad 25 \quad 30}$</i>				
Pañetado en ambas caras Sin pañetar	1.80	2.50	3.10	3.80	4.40	180	250	310	380	440
Mampostería de bloque de concreto:	1.30	2.00	2.60	3.30	3.90	130	200	260	330	390
	<i>Espesor del muro (en mm) $\frac{100}{150 \quad 200 \quad 250 \quad 300}$</i>					<i>Espesor del muro (en cm) $\frac{10}{15 \quad 20 \quad 25 \quad 30}$</i>				
Sin relleno	1.40	1.45	1.90	2.25	2.60	140	145	190	225	260
Relleno cada 1.2 m	1.70	2.25	2.70	3.15		170	225	270	315	
Relleno cada 1.0 m	1.80	2.30	2.80	3.30		180	230	280	330	
Relleno cada 0.8 m	1.80	2.40	3.00	3.45		180	240	300	345	
Relleno cada 0.6 m	2.00	2.60	3.20	3.75		200	260	320	375	
Relleno cada 0.4 m	2.20	2.90	3.60	4.30		220	290	360	430	
Todas las celdas llenas	3.00	4.00	5.00	6.10		300	400	500	610	
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm) $\frac{100}{150 \quad 200 \quad 250 \quad 300}$</i>					<i>Espesor del muro (en cm) $\frac{10}{15 \quad 20 \quad 25 \quad 30}$</i>				
Sin pañetar	1.90	2.90	3.80	4.70	5.50	190	290	380	470	550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm) $\frac{100}{150 \quad 200 \quad 250 \quad 300}$</i>					<i>Espesor del muro (en cm) $\frac{10}{15 \quad 20 \quad 25 \quad 30}$</i>				
Sin pañetar	2.00	3.10	4.20	5.30	6.40	200	310	420	530	640

2.2.6 Verificación de diseño (momento cortante anclaje, refuerzo y separación)

Para realizar el análisis de los elementos no estructurales es necesario conocer la disposición expuesta por el diseñador arquitectónico, pues es con base en estas solicitudes que se deben proyectar los valores permitidos en el reglamento.

Para el cálculo del refuerzo y su correspondiente revisión es preciso realizar el análisis del elemento a evaluar, que para este caso es el mismo que cuando se calcula una viga de sección rectangular, es por esta razón que como lo mencionan Nilson y otros (2009) En su libro “Design Of Concrete Structure” para un diseño con una carga puntual, que en este caso es el peso propio del elemento (carga muerta) y las demás cargas que actúan como factores externos (viento, sismo, entre otros) se deben realizar las siguientes verificaciones

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde el subíndice “u” hace referencia a la verificación de los valores de carga para el cálculo de flexión, carga y corte, y los subíndices “n” denotan las resistencias nominales, que en todos los casos incluyen un factor de seguridad.

Es también necesario que el análisis de las cargas se realice con base en lo establecido en el último B de la NSR-10

Con las verificaciones de las cargas realizadas, se pueden confirmar los valores a los cuales está sometido el elemento y es entonces cuando se puede verificar también los valores establecidos para la cuantía mínima y máxima según Nilson, Darwin, y Dolan, (2009)

$$As = p * b * d$$

Ecuación 4

$$p_{requerida} = \frac{fm}{1.18 * fy} - \sqrt{\frac{fm^2}{1.18 * fy} - \frac{Mu * fm}{0.59 * 0.9 * b * d^2 * fy^2}}$$

Ecuación 5

$$Separación\ vertical = \frac{Área_{barra}}{Área_{requerida}}$$

Ecuación 6

$$a = \frac{As * fy + Pu}{0.80 * fm * b}$$

Ecuación 7

$$A_{se} = \frac{As * fy + Pu}{fy}$$

Ecuación 8

$$Mn = A_{se} * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Ecuación 9

2.3 Mampostería confinada y parcialmente reforzada

Con la información obtenida en los capítulos anteriores se tomarán las ecuaciones generales para el diseño de elementos no estructurales. Por otra parte el reglamento NSR-10 establece también el análisis estructural para la revisión de mampostería confinada y parcialmente reforzada contenido en el último D, de las cuales se revisarán los conceptos que no estén mencionados en el último A. También en la cartilla elaborada por la universidad de los Andes, (2004) exponen un procedimiento

de diseño basados en la NSR-10, pero como no todas las consideraciones se encuentran en el reglamento se deben realizar ajustes basados en la bibliografía mencionada y el conocimiento del autor en esta materia.

2.3.1 Diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano de la NSR-10.

La NSR-10 en el capítulo D.5.7 describe el procedimiento que se debe tener en cuenta para el análisis estructural de muros diseñados para soportar cargas de servicio del edificio, las cuales pueden ser de cavidad reforzada o de perforación vertical, las cuales contrarrestaran las cargas horizontales que actuaran sobre el elemento. A continuación, se observan las ecuaciones que deben ser evaluadas y que no se encuentran en el último A:

$$Pu \leq 0.10 * f' m * A_e \quad \text{Ecuación 10}$$

$$a = \frac{As * fy + Pu}{0.80 * f m * b} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$A_{se} = \frac{As * fy + Pu}{fy} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Mn = A_{se} * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ecuación 13}$$

$$Mu \leq \phi * Re * Mn \quad \text{Ecuación 14}$$

$$p_{balanceada} = 0.85 * \beta * \frac{f_{cr}}{f_y} * \frac{\varepsilon_m}{e_m + \varepsilon_y} \quad \text{Ecuación 16}$$

Obtenidos los valores anteriores, se tendrían los insumos necesarios para la evaluación de los elementos no estructurales, sin embargo, es importante tener en cuenta las restricciones para el cálculo de las cuantías ya mencionadas anteriormente por Nilson y otros, (2009) y el título D8 de la NSR-10, donde se establece que la cuantía no debe ser menor de 0,00027, teniendo en cuenta en la evaluación de la misma únicamente el refuerzo continuo en el tramo de muro evaluado.

$$p_{requerida} = \frac{f_{cr}}{1.18 * f_y} - \sqrt{\frac{f_{cr}^2}{1.18 * f_y} - \frac{M_{diseño} * f_{cr}}{0.59 * 0.9 * b_{columneta} * d^2 * f_y^2}} \quad \text{Ecuación 15}$$

Las evidencias anteriores se relacionan también con cambios que se adoptan en otros reglamentos, como es el caso de la norma mexicana de mampostería (NTCM, 2017) donde se encuentran similitudes en los factores de reducción, el cálculo del cortante y las restricciones para el cálculo de la resistencia a la compresión en la mampostería (Leal Graciano, Pérez-Gavilán Escalante, Castorena González, Reyes Salazar, & Barraza Guerrero, 2019). En este caso la verificación realizada es en muros diafragma, que se encuentran rodeados por vigas y columnas que forman parte del esquema estructural. En dicho estudio se concluye que se pueden establecer que los muros en mampostería para edificios de gran altura no van a tener problemas con los valores del cortante que es el que ocupa el diseño de elementos no estructurales; lo anterior debido a que el análisis a flexo compresión es para su peso propio debido a que estos no soportan cargas de servicio de la edificación.

Es entonces donde se establecen los tres chequeos a cortante que se deben revisar para el diseño de los anclajes que son los que soportan los esfuerzos de corte en los elementos no estructurales, lo anterior tomado de la NSR-10 y las recomendaciones expuestas en la cartilla de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004)

$$Vu \leq \phi * Vn$$

Ecuación 17

$$\phi Vn = 0.6 * Ast * fy$$

Ecuación 18

$$V_{plastificacion} = \frac{\pi * D^3 * F_y}{16 * L}$$

Ecuación 19

3. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se adopta un enfoque cualitativo, pues como lo mencionan Hernández, Fernández, & Baptista, (2014), “la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto” (p.358).

Continuando con la línea del planteamiento del problema propuesto anteriormente se establece utilizar la metodología del **estudio de caso** debido a que este documento corresponde a “una investigación empírica que o investiga un fenómeno contemporáneo en profundidad y dentro de su vida real, especialmente cuando los límites entre fenómeno y contexto no son claramente evidentes”.(Yin, 2009, p.18)

Después del desarrollo del marco teórico se puede establecer que en la actualidad no existe una metodología que permita realizar el diseño de elementos no estructurales específicamente en fachadas y muros divisorios. Por lo anterior teniendo en cuenta que a medida que se van revisando los proyectos (casos) se va construyendo la metodología ajustando transversalmente la perspectiva teórica, se propone realizar un diseño de investigación Holístico Múltiple, es decir, con una unidad simple (proyectos a evaluar), pero con múltiples casos (criterios de evaluación de la nsr-10)

3.1 Selección de casos

Para realizar la selección de los casos se deben tener en cuenta las siguientes variables que son fundamentales para realizar un adecuado estudio:

- Proyectos ubicados en Bogotá.

- Altura no menor a 6 plantas.
- Contar con requisitos mínimos: Descripción general, diseño estructural, diseño de elementos no estructurales, planos.
- Pertenecer a los grupos de usos 1 y 2, es decir, Vivienda.
- Estar en revisión de primera instancia en Curaduría.

3.2 Proposición del estudio

Respondiendo a la necesidad que surge con el desarrollo de la investigación se propone realizar las siguientes proposiciones o entregables que fundamentan esta investigación:

- Seleccionar un lenguaje de programación conocido por el autor para desarrollar la metodología propuesta en el objetivo general de la investigación.
- Crear un modelo que permita identificar si los diseños de los elementos no estructurales cumplen con los requerimientos establecidos en el reglamento colombiano de construcción NSR-10, este modelo debe responder a las consideraciones que se establecen en el título A.
- Para la creación del modelo se debe establecer un procedimiento de diseño basado en los conocimientos técnicos del autor y las referencias bibliográficas de soporte y consulta mencionadas en el marco teórico del presente documento.
- Establecer un procedimiento para la evaluación de los casos o muestras y así definir cuáles son los datos y la forma en la que se debe estudiar según el tipo de proyecto, tipo de elemento no estructural y las condiciones de localización, tipo de suelo, uso, entre otros.

3.3 Unidad de análisis

Para la revisión de resultados y la evaluación de la unidad de análisis, como lo menciona Yin,(2009) esta debe estar en línea con preguntas de investigación, estas unidades de análisis son el estudio de caso investigado, son particularmente el enfoque de quien elabora el caso (Luna &

Rodriguez, 2011), por lo tanto la unidad de análisis estará dada por los proyectos que se van a evaluar con el programa propuesto en esta metodología, en otras palabras, la unidad de análisis será la revisión individual de cada proyecto en el diseño de elementos no estructurales que estará comprendido por dos partes:

- Mampostería Parcialmente Reforzada: Comprobación y diseño de los elementos verticales y horizontales, distancia mínima entre refuerzos y anclaje
- Mampostería Confinada: Comprobación y diseño de los elementos verticales y horizontales, distancia mínima entre refuerzos y anclaje

Para la recolección de datos se tomarán 6 muestras de proyectos de construcción de vivienda ubicados en Bogotá, los cuales deben cumplir con los requisitos planteados en la selección de datos.

3.4 Proposiciones

Con el fin de establecer el norte de la metodología se plantean las proposiciones que serán la ruta de evaluación de los proyectos, evitando desviar la atención con otros temas, enfocando el propósito de investigación (Yin, 2009). Estas proposiciones estarán formuladas como lo sugieren Hernández y otros., (2014), relacionando 2 o más variables.

- Proposición 1: Los proyectos que se encuentren contenidos en el grupo de uso 1 en la ciudad de Bogotá, y que cumplan con los criterios establecidos en la NSR-10 para su aprobación en Curaduría.

- Proposición 2: Las memorias de cálculo de los diseños no estructurales que se implementen en los diferentes proyectos evaluados, encontrando las semejanzas entre diseñadores y procedimientos.
- Proposición 3: Concordancia entre las memorias de cálculo y los planos de los elementos no estructurales de un mismo proyecto.
- Proposición 4: Partiendo del concepto de ingeniera de valor, evaluar el costo de la disposición de estos elementos no estructurales desde el diseño inicial comparándola con la evaluación propuesta.

3.5 Diseño de la metodología

Como se mencionó en el inicio del presente capítulo se adopta el diseño Holístico Múltiple sugerido por (Yin, 2009) donde se tomará el cada proyecto como casos individuales para la unidad de análisis, pero estudiando cada componente de los elementos no estructurales que se presentan en las memorias de cálculo.

Este análisis se realizará con el lenguaje de programación Visual Basic para aplicaciones (VBA), el cual es un editor de Microsoft Excel⁸, donde se retroalimentará la información de cada proyecto construyendo el programa que será el entregable final de esta investigación. Los instrumentos que se utilizarán para el desarrollo de la metodología son las fórmulas y cálculos descritos en el reglamento

El criterio utilizado para juzgar la calidad de esta investigación es el de **Validez Interna** (Yin, 2009) donde basado en la retroalimentación interna que forma parte de la evaluación de todos los casos para la construcción del programa, se puede establecer:

⁸ La información pertinente al lenguaje de programación VBA de Microsoft Excel es conocida por el autor del proyecto de investigación y estará referenciada al final del documento de las extensiones autorizadas, recuperado de <https://docs.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>

- Coincidencia de patrones (similitud en la información de cada caso)
- Hacer explicaciones (revisión y corrección del programa)
- Abordar explicaciones rivales (Diferencia entre los resultados del programa y las memorias de cálculo)
- Usar modelos lógicos (presentación final de los resultados)

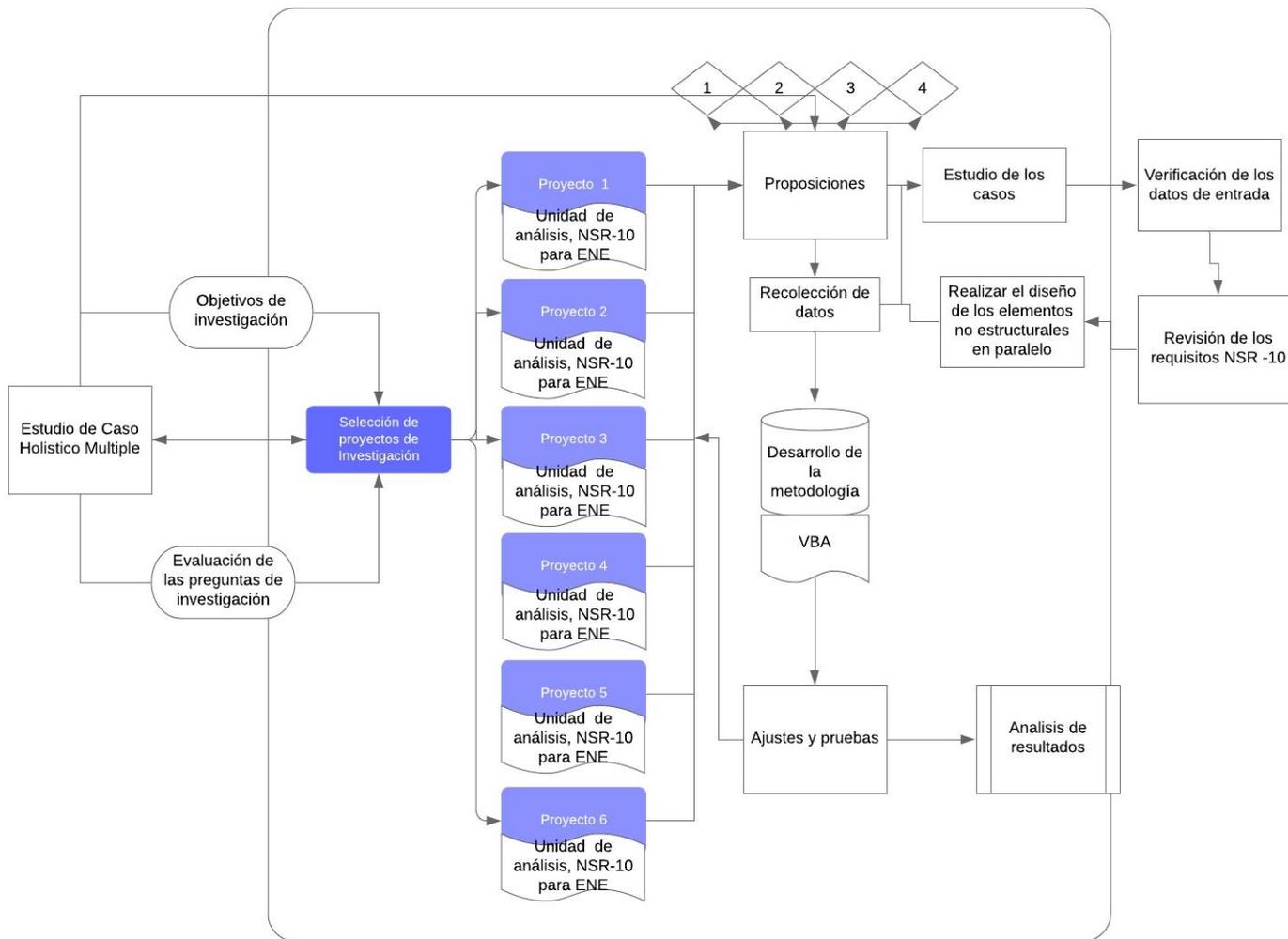


Figura 7 Metodología de investigación, elaboración propia

3.6 Recolección de datos

Para la recolección de datos como se mencionó anteriormente se realizaron más de 5 visitas a la curaduría urbana No 3, donde se consultaron los proyectos que se encontraran en revisión de primera instancia, que cumpliera con los criterios de evaluación descritos en el numeral 4.1 Selección de datos, además de la información del proyecto fue necesario tomar copias de la siguiente información:

- Descripción General del proyecto.
- Información de localización: zona de microzonificación sísmica o tipo de suelo, sistema constructivo y tipo de edificación.
- Memorias de cálculo de elementos no estructurales
- Planos de elementos no estructurales
- Plano de cortes de fachadas

Esta información aplica para los 7 proyectos evaluados, para poder realizar la construcción del programa que llevara la metodología de diseño y comprobación de los elementos no estructurales representativos, es decir, los que comúnmente según la información de estos proyectos son susceptibles a consideración sísmica.

3.7 Criterio de resultados:

Tomando como base lo mencionado por Hernández, Fernández, & Baptista, (2014a) los resultados de los estudios de caso no pueden generalizarse desde un sentido estadístico o probabilístico (Yin, 2009), por lo tanto se establece que el producto de esta investigación tendrán dos componentes descritos así:

- La evaluación matemática de los proyectos: cada proyecto tendrá una evaluación metodológica que tendrá un reporte a manera de memoria de cálculo, donde se podrá establecer si los valores calculados por los diseñadores cumplen o no los criterios de diseño establecidos en la NSR-10.

-
- La evaluación descriptiva de cada proyecto: en cada caso además de la información matemática, se realizó una descripción de los resultados obtenidos, las diferencias en las memorias de cálculo de los diseñadores y su impacto en el proyecto.

Los pasos para el proceso de análisis están en línea con los sugeridos en el libro de metodología de la investigación (Hernández et al., 2014b) y los descritos por (Yin, 2009):

- Análisis de la información.
- Lectura de los criterios normativos colombianos para el diseño de los elementos no estructurales.
- Revisión de la información descrita en el marco teórico referente al diseño de elementos estructurales y no estructurales.
- Vinculación de las preguntas de investigación a los reportes del programa de diseño propuesto en la investigación.
- Reporte final elaborado por el autor del documento donde se establecen los datos obtenidos, los límites de estudio y las futuras líneas de investigación.

El desarrollo del programa para la evaluación y comprobación de elementos no estructurales, esta codificado y vinculado a los criterios y restricciones descritos en la normativa, se ha retroalimentado de la evaluación de cada uno de los casos, donde se corrigieron los posibles errores recopilando la información mínima para ser utilizado.

3.8 Consideraciones Generales y Limites del estudio

Debido al impacto que puede tener el diseño y comprobación de los elementos no estructurales evaluados con la metodología producto de esta investigación, es importante aclarar que esta dentro de un contexto académico y que son los diseñadores los responsables del comportamiento sísmico y estático de los materiales utilizados para la construcción del caso evaluado, bien sea mampostería parcialmente reforzada y mampostería confinada.

Una vez se cuente con la aprobación de la información de resultados y la evaluación de los mismos se podrán realizar las recomendaciones para que sean tenidas en cuenta por las entidades encargadas de, aprobar, revisar y recibir los proyectos de construcción que estarían sujetas al siguiente procedimiento

- Aprobación: Curadurías y alcaldías; revisión con el modelo propuesto para el cumplimiento de la norma.
- Revisión: Alcaldía y Secretaría Distrital del Hábitat
- Recibo de proyectos: Alcaldías y supervisores técnicos dependiendo la fecha de aprobación de la licencia de construcción

Es importante aclarar que esta investigación tiene como objetivo fundamental generar conocimiento (MAGIS), específicamente el que se tiene en los elementos evaluados; y por lo tanto una vez aprobada la metodología se establecerá el procedimiento para que esta pueda ser utilizado por la comunidad en general.

4. Caracterización de los proyectos (casos)

Para la caracterización de proyectos se establecieron los criterios mencionados en la metodología de investigación, con el fin de revisar los datos que son susceptibles de diseño y por ende pueden afectar los elementos no estructurales en el momento del sismo.

La recolección de casos se realizó con base en el numeral 3.1, por lo tanto, se extraen los datos relevantes y en el apartado de anexos se incluyen toda la información de los proyectos que fueron suministrados por la curaduría urbana No. 3. El formato de caracterización debe contener la siguiente información:

- **Datos del proyecto:** En esta parte se establecen: nombre, localización, diseñador arquitectónico, estudio de suelos (geotecnista), diseñador de elementos no estructurales y los materiales utilizados para los elementos que serán evaluados, es decir, fachadas y muros divisorios en arcilla
- **Caracterización sísmica:** Grupo de uso, grado de desempeño, tipo de suelo, localización y los factores de caracterización sísmica, coeficiente de importancia y periodos como: Aa, Av, Fa, Fv, I, Tx, Ty y Sa. Todos los valores llevaran 2 decimales con excepción del periodo el cual por exactitud en resultados debe contener 3 decimales.
- **Geometría del edificio:** En esta parte es importante establecer cuál es la altura total del edificio en niveles desde el empotramiento (nivel del terreno o relleno) con su correspondiente distancia entre placas, mencionar si existen niveles con alturas diferentes y la altura de la cubierta que sería el ultimo nivel a evaluar. Todos los valores incluirán 2 decimales.

4.1 Proyecto 127 Living – Torre 1

Tabla 9 Datos generales proyecto 127 Living - Torre 1

Datos PROYECTO 127 LIVING - TORRE 1	
Nombre	PROYECTO 127 LIVING - TORRE 1
Localización	Bogotá D.C, Cundinamarca
Diseño arquitectónico	Constructora Bolívar S.A.
Estudio de Suelos	ALFONSO URIBE SARDIÑA
Diseño estructural y elementos no estructurales	PROYECTOS Y DISEÑO S.A.S.
MATERIALES	Bloque No. 5 – Muros divisorios
	Ladrillo tolete común color capuchino - fachada

Tabla 10 Caracterización sísmica proyecto 127 Living - Torre 1

Caracterización Sísmica PROYECTO 127 LIVING - TORRE 1	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	F (Transición Lacustre 100 a 200)
Localización	Bogotá (Cundinamarca)
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,25
Fv	3,35
I	1
Tx (s)	0,904
Ty (s)	0,904
Sa (g)	0,4688

Tabla 11 Caracterización de alturas proyecto 127 Living - Torre 1

Alturas PROYECTO 127 LIVING - TORRE 1	
Numero de niveles	15
Altura piso irregular (m)	-
Altura piso tipo (m)	2,50
Altura cubierta (m)	2,35

4.2 Casa Chico 96

Tabla 12 Datos Generales proyecto Casa Chico 96

Datos CASA CHICO 96	
Nombre	CASA CHICO 96
Localización	TRANSVERSAL 21 # 95-26
Diseño arquitectónico	EDGAR MORALES -
Estudio de Suelos	ALFONSO URIBE SARDIÑA
Diseño estructural y elementos no estructurales	HAROLD EDUARDO SANMIGUEL AHUMADA
	EDGAR MORALES
MATERIALES	Bloque No.4 y No. 5 – Muros divisorios
	Ladrillo de perforación vertical - fachada

Tabla 13 Caracterización sísmica proyecto Casa Chico 96

Caracterización Sísmica CASA CHICO 96	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	-
Localización	LACUSTRE 200
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	3,50
I	1
Tx (s)	0,996
Ty (s)	0,831
Sa (g)	0,45

Tabla 14 Caracterización alturas proyecto Casa Chico 96

Alturas PROYECTO CASA CHICO 96	
Numero de niveles	9
Altura piso irregular (m)	4,3
Altura piso tipo (m)	3,1
Altura cubierta (m)	3,8

4.3 Park Living

Tabla 15 Datos Generales proyecto Park Living

Datos PARK LIVING	
Nombre	PARK LIVING
Localización	Calle 153 # 50-65
Diseño arquitectónico	CONSTRUCTORA BOLÍVAR S.A.
Estudio de Suelos	ALFONSO URIE S. Y CIA S.A.
Diseño estructural y elementos no estructurales	AYCARDI ESTRUCTURAL
MATERIALES	Bloque No. 5
	Ladrillo prensado liviano No.6

Tabla 16 Caracterización sísmica Proyecto Park Living

Caracterización Sísmica PARK LIVING	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	F
Localización	LACUSTRE 200
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	3,50
I	1
Tx (s)	1,009
Ty (s)	0,726
Sa (g)	0,45

Tabla 17 Caracterización de alturas Proyecto Park Living

Alturas PROYECTO PARK LIVING	
Numero de niveles	15
Altura piso irregular (m)	2,70
Altura piso tipo (m)	2,55
Altura cubierta (m)	2,55

4.4 Balcony 85

Tabla 18 Datos generales proyecto Balcony 85

Datos BALCONY 85	
Nombre	BALCONY 85
Localización	Carrera 19 No. 85-55/61/73
Diseño arquitectónico	HITOS URBANOS
Estudio de Suelos	-Sin información
Diseño estructural y elementos no estructurales	Cesar Martínez
MATERIALES	Bloque No. 5
	Ladrillo tolete recocido

Tabla 19 Caracterización sísmica proyecto Balcony 85

Caracterización Sísmica BALCONY 85	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BUENO
Tipo de Suelo	-
Localización	LACUSTRE 200
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	3,50
I	1
Tx (s)	1,064
Ty (s)	1,065
Sa (g)	0,45

Tabla 20 Caracterización de alturas proyecto Balcony 85

Alturas PROYECTO BALCONY 85	
Numero de niveles	16
Altura piso irregular (m)	3,54
Altura piso tipo (m)	3,32
Altura cubierta (m)	4,13

4.5 Alameda Plaza

Tabla 21 Datos generales proyecto Alameda Sexta Etapa

Datos ALAMAMEDA PLAZA SEXTA ETAPA	
Nombre	ALAMEDA PLAZA SEXTA ETAPA
Localización	Carrera 15 # 173-25
Diseño arquitectónico	JUAN ANGEL
Estudio de Suelos	ESPINOSA Y RESTREPO S.A.
Diseño estructural y elementos no estructurales	IPI – Wilson Moreno
MATERIALES	Bloque perforación horizontal para muros divisorios (sin especificación) - -
	Bloque de perforación vertical para fachadas (sin especificación)

Tabla 22 Caracterización sísmica proyecto Alameda Sexta Etapa

Caracterización Sísmica ALAMEDA PLAZA SEXTA ETAPA	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	Bueno
Tipo de Suelo	-
Localización	LACUSTRE 200
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	3,50
I	1
Tx (s)	0,847
Ty (s)	1,14
Sa (g)	0,45

Tabla 23 Caracterización de alturas proyecto Alameda Sexta Etapa

Alturas PROYECTO ALAMEDA PLAZA	
Numero de niveles	20
Altura piso irregular (m)	4,10
Altura piso tipo (m)	2,50
Altura cubierta (m)	2,40

4.6 Brisas De Invierno

Tabla 24 Datos generales proyecto Brisas De Invierno

Datos BRISAS DE INVIERNO	
Nombre	BRISAS DE INVIERNO MZ-4 BLOQUE TIPO 4 TORRE 3
Localización	CARRERA 82A CON AVENIDA CIUDAD DE CALI
Diseño arquitectónico	LAS GALIAS CONSTRUCTORA S.A.
Estudio de Suelos	-Sin información
Diseño estructural y elementos no estructurales	SANMIGUEL OLEJIA INGENIEROS CIVILES S.A.S.
MATERIALES	Bloque perforación horizontal para muros divisorios (sin especificación) - -
	Bloque de perforación vertical para fachadas (sin especificación)

Tabla 25 Caracterización sísmica proyecto Brisas De Invierno

Caracterización Sísmica BRISAS DE INVIERNO	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	F
Localización	ALUVIAL 100
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	2,10
I	1
Tx (s)	1,071
Ty (s)	1,071
Sa (g)	0,45

Tabla 26 Caracterización de alturas proyecto Brisas De Invierno

Alturas PROYECTO BRISAS DE INVIERNO	
Numero de niveles	20
Altura piso irregular (m)	-
Altura piso tipo (m)	2,40
Altura cubierta (m)	2,40

4.7 Sotavento Mediterráneo

Tabla 27 Datos generales proyecto Sotavento Mediterráneo

Datos SOTAVENTO MEDITARRANEO - TORRE 6	
Nombre	SOTAVENTO MEDITARRANEO - TORRE 6
Localización	Calle 159 # 54 - 36
Diseño arquitectónico	CONSTRUCTORA BOLIVAR
Estudio de Suelos	ALFONSO URIBE Y CIA. S.A.
Diseño estructural y elementos no estructurales	PROYECTOS Y DISEÑOS S.A.S.
MATERIALES	Bloque No. 4 para muros divisorios -
	Ladrillo portante prensado

Tabla 28 Caracterización sísmica proyecto Sotavento Mediterráneo

Caracterización Sísmica (Parámetros)	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	-
Localización	LACUSTRE 200
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1
Fv	3,50
I	1
Tx (s)	0,86
Ty (s)	0,962
Sa (g)	0,45

Tabla 29 Caracterización alturas proyecto Sotavento Mediterráneo

Alturas PROYECTO SOTAVENTO MEDITARRANEO	
Numero de niveles	14
Altura piso irregular (m)	3,45
Altura piso tipo (m)	2,75
Altura cubierta (m)	2,80

4.8 Segal

Tabla 30 Datos generales proyecto Segal

Datos SEGAL	
Nombre	SEGAL
Localización	Calle 65ª No 1-27 -
Diseño arquitectónico	CUSEZAR S.A.
Estudio de Suelos	LFO INGENIEROS DE SUELOS
Diseño estructural y elementos no estructurales	PROYECTOS Y DISEÑOS S.A.S.
MATERIALES	Bloque # 4 y Bloque # 5 muros divisorios
	Ladrillo tolete perforación vertical para fachadas

Tabla 31 Caracterización sísmica proyecto Segal

Caracterización Sísmica SEGAL	
Grupo de uso	1
Grado de desempeño	BAJO
Tipo de Suelo	-
Localización	CERROS
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,35
Fv	1,30
I	1
Tx (s)	1,435
Ty (s)	1,392
Sa (g)	0,217

Tabla 32 Caracterización alturas proyecto Segal

Alturas PROYECTO SEGAL	
Numero de niveles	18
Altura piso irregular (m)	3,40
Altura piso tipo (m)	2,80
Altura cubierta (m)	2,80

5. Procedimiento general

Inicialmente se establece el procedimiento con el cual se llevó a cabo la construcción de la metodología que permite realizar la evaluación o comprobación, y el diseño de los elementos no estructurales propuestos en el alcance del presente documento, la cual estará desarrollada en 2 partes así: un compilado de figuras que establecen los productos o entregables y la otra su respectiva descripción de procedimiento.

Las tablas y figuras que fueron mencionadas en el marco teórico se enunciarán en el procedimiento general únicamente como referencia. Por otra parte, las ecuaciones si se incluirán para verificar los valores que serán asumidos por el programa.

Esta metodología ha sido propuesta en un lenguaje conocido por el autor del documento a través de VBA (Visual Basic for Applications) propuesta en el diseño de la metodología y como se puede observar a continuación:

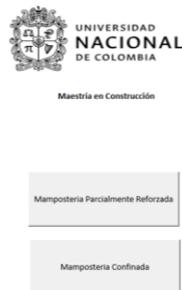


Figura 8 Tomada del programa planteado para la metodología - Interfaz inicial para el diseño de elementos no estructurales

Lo primero que se va a encontrar el usuario de la metodología es el menu principal, este contará con dos entradas, presentadas con botones como se observa en la figura 8, los cuales harán referencia a las opciones para el diseño o comprobación de elementos no estructurales de: mamposteria confinada y mamposteria parcialmente reforzada. Al seleccionar cualquiera de estas dos opciones iniciará el desarrollo del programa eliminando los datos de proyectos revisados previamente.

The image shows a screenshot of a software window titled "UserForm16". The window has a red brick wall background. At the top center, there is a label "Nombre del Proyecto a Evaluar:" followed by a white text input field. Below the input field, there are two white buttons with black text: "Regresar" on the left and "Continuar" on the right. The window has a standard Windows-style title bar with a close button (X) in the top right corner.

Figura 9 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 1. Nombre del proyecto

Posteriormente el usuario tendrá que digitar el nombre del proyecto a evaluar, es importante precisar que existen restricciones para el uso de la metodología, lo que significa, que siempre que estén activas las celdas (en color blanco) sin importar el módulo; se deben digitar los datos o valores, de lo contrario el programa no permitirán avanzar al dar el botón de continuar.

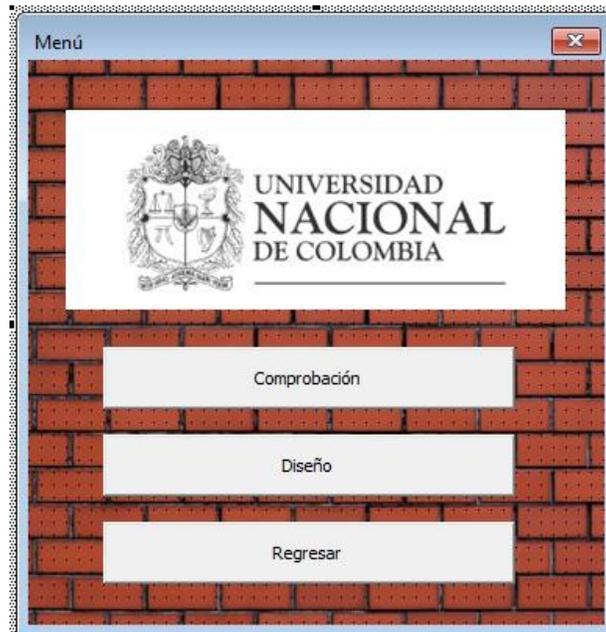


Figura 10 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 2. Tipo de evaluación

En la figura 10 se observan las opciones que tendrá el modelo, planteados desde el alcance de este documento, especificando las dos entradas que tiene la metodología una la comprobación y la otra para el diseño de elementos no estructurales.

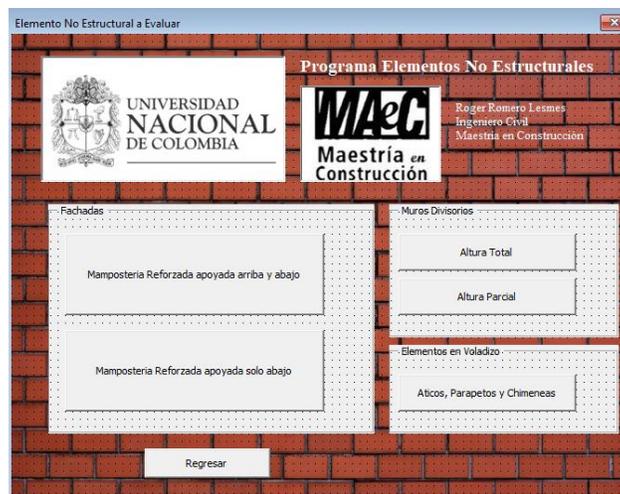


Figura 11 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 3. Tipo de elementos no estructurales disponibles

Luego en la figura 11 se debe seleccionar el tipo de elemento no estructural deseado. Cabe mencionar que cada opción tiene un impacto en los valores que establece la NSR-10, en este caso dependiendo la selección se obtendrán diferentes coeficientes de amplificación dinámicas establecidos en tabla A.9.5-1

Figura 12 . Tomada del programa planteado para la metodología - Módulo 4. Caracterización de la estructura

En el menú que se observa en la figura No 12, se disponen las características de la estructura. En primera instancia, se debe ingresar el tipo de sistema estructural propuesto por el diseñador o calculista; empleado para los elementos estructurales. La metodología contiene las opciones de pórticos resistentes a momento y otros.

Posteriormente, se despliega la Ciudad en donde se encuentra ubicado el proyecto. Una vez hecho esto, se debe escoger el componente de geotecnia el cual está dividido en 2 partes: Primero está la opción referente a la zona de microzonificación sísmica, siempre y cuando la ciudad cuente con

esta información, de lo contrario se puede activar el perfil de suelo, los cuales también están sugeridos en la NSR-10 y en el presente documento en el marco teórico referenciado en la tabla 1 que contiene los valores de la tabla A.2.3-2 Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Como se mencionó anteriormente si la ciudad cuenta con una microzonificación sísmica; como es el caso de Bogotá D.C, el usuario puede decidir si evaluar el proyecto utilizando el perfil de suelo o la microzonificación sísmica. En la tabla 2 mencionada en el marco teórico, se evidencia la microzonificación sísmica de Bogotá expedida en el Decreto 523 de 2010.

En los casos en donde se cuente con una microzonificación sísmica, el programa utilizará el tipo de perfil para encontrar los coeficientes F_a y F_v a partir de las tablas 3 y 4 que contienen la información de la NSR-10 A.2.4.

Mientras tanto el usuario puede decidir el grupo de uso de la estructura. Este coeficiente se encuentra relacionado con el grado de importancia que tiene el proyecto según lo establecido en el último A de la NSR-10

- Grupo iv – Edificaciones indispensables.
- Grupo iii – Edificaciones de atención a la comunidad.
- Grupo ii – Estructuras de ocupación especial.
- Grupo i – Estructuras de ocupación normal.

De manera posterior, se obtiene el coeficiente de importancia I de la tabla 5 relacionada en el marco teórico.

En este módulo aparece un segundo panel, el cual se encuentra destinado para que el usuario pueda digitar los valores del análisis dinámico de la estructura, como el periodo fundamental (En “X” o en “Y”). Sin embargo, en el caso de que el usuario no cuente con esta información, la metodología presente calcula de manera interna el periodo aproximado de la estructura; utilizando la ecuación 1 que se obtiene de la NSR-10 título A.4.2-3 y los coeficientes C_t y α obtenidos de la tabla A.4.2-1, relacionada en el marco teórico como tabla 6

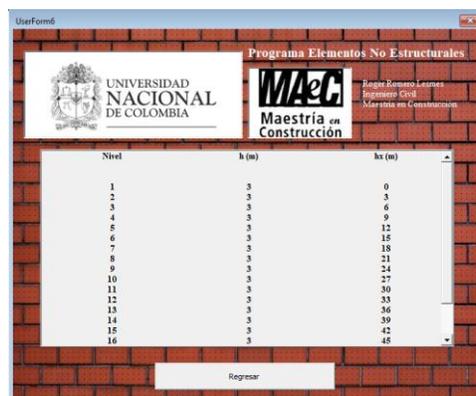
$$T_a = C_t * h^\alpha$$

Ecuación 1

Al mismo tiempo, esta metodología tiene un panel en la figura 13, para poder caracterizar las alturas de la edificación. El primer campo corresponde al número total de pisos. Es importante aclarar que hace referencia a su altura medida desde el nivel del terreno pues debe analizarse como lo indica la norma NSR-10 en el último A esta altura es H_x y h_{eq} .

Terminado lo anterior, se solicita las alturas del piso tipo y de la cubierta, teniendo en cuenta que esta metodología está enfocada en los proyectos de vivienda y después de analizadas las muestras tomadas para este procedimiento, se observó que todos los proyectos cuentan con una altura tipo y tienen hasta un máximo de dos niveles con alturas distintas para el manejo de las redes técnicas y cruces de las diferentes instalaciones que conforman los edificios. En el caso que la estructura cuente con un cuarto de máquinas o pisos con alturas diferentes de la altura del piso tipo, se cuenta con un campo para cada una de ellas y de esta forma poder incluirlas en el análisis del proyecto, esta altura está catalogada para proyectos con más de 6 metros de altura y tendrá un máximo de 30 niveles (incluida cubierta). Al oprimir el botón “Validar”, se desplegará el siguiente módulo para que usuario pueda revisar que los datos digitados son los mismos del proyecto.

Las restricciones mencionadas anteriormente definen que la altura de los pisos tipo no puede superar 4,0 mt y el piso con doble altura para el manejo de instalaciones no puede ser superior a 5,00 mt



The screenshot shows a software window titled 'UserForm6' with a brick background. It contains the logo of 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA' and 'Maestría en Construcción'. Below the logos is a table with three columns: 'Nivel', 'h (m)', and 'Hx (m)'. The table lists levels from 1 to 16, with a constant height of 3m for each level and a cumulative height for Hx. A 'Regresar' button is located at the bottom center.

Nivel	h (m)	Hx (m)
1	3	0
2	3	3
3	3	6
4	3	9
5	3	12
6	3	15
7	3	18
8	3	21
9	3	24
10	3	27
11	3	30
12	3	33
13	3	36
14	3	39
15	3	42
16	3	45

Figura 13 Tomada del programa planteado para la metodología -. módulo 5. Comprobación de las alturas de la estructura

Una vez digitado la totalidad de datos que se piden en el módulo 5 Figura 13, se debe oprimir el botón “Continuar” habilitando este panel, y de esta manera el usuario podrá continuar con el proceso de diseño o comprobación. De manera interna, el programa buscará todos los coeficientes necesarios para poder calcular el diagrama de pseudo-aceleración. Como se puede observar en la figura A.2.6-1 la norma colombiana NSR-10 establece un valor de la pseudo-aceleración de acuerdo al periodo fundamental de la estructura y a partir de los parámetros sísmicos. Dependiendo la región en donde se encuentre la estructura se debe utilizar las diferentes fórmulas propuestas en dicha gráfica

El valor tomado para A_s correspondiente a la pseudo aceleración en el periodo $T = 0$ es el valor correspondiente al valor $A_a * F_a * I$, dado que al revisar con el valor máximo de la meseta se evidencia un comportamiento erróneo; en el cual para ciertos valores de S_a se puede apreciar una disminución de la aceleración de piso a medida que se incrementa la altura del piso analizado. Por lo anterior, se decide tomar un valor constante que garantice un comportamiento adecuado.

5.1 Mampostería parcialmente reforzada

5.1.1 Diseño de elementos no estructurales con mampostería parcialmente reforzada

En este punto, la metodología se divide en cuatro posibles configuraciones de los elementos no estructurales: diseño de mampostería parcialmente reforzada, comprobación de mampostería parcialmente reforzada, diseño de mampostería confinada y comprobación para mampostería confinada.

La primera opción que hace referencia a diseño se encuentra conformada por los módulos 6, 7 y 8 (que se encuentran más adelante) explicándolos a continuación.

Figura 14 Tomada del programa planteado para la metodología -. módulo 6. Parámetros de entrada para diseño de mampostería parcialmente reforzada.

El primer campo de este módulo despliega los posibles grados de desempeño que se quieren evaluar, estos se componen de bajo, bueno y superior y dependen del grupo de uso de la estructura. Como se puede ver en la tabla A.9.2-1, para un grupo de uso dado, se exigen un grado de desempeño mínimo, si se llega a presentar un error en la selección del grado de desempeño o el grupo de uso de la edificación, el programa avisara al usuario del error cometido por medio del siguiente mensaje:

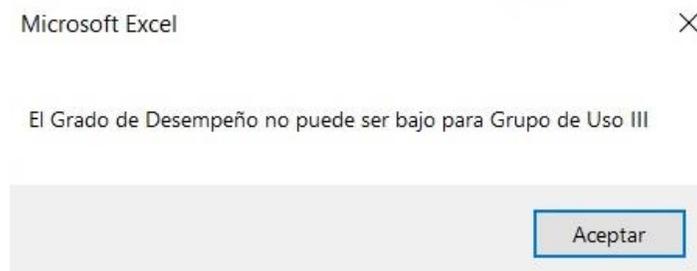


Figura 15 Tomada del programa planteado para la metodología - Mensaje de error por grado de desempeño o grupo de uso

Tabla 33 Grado de desempeño mínimo requerido tomado de la NSR-10 Tabla A.9.2-1

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

El segundo campo que se evidencia es el piso a evaluar. Este campo hace referencia a la ubicación del elemento no estructural. Este campo tendrá como objetivo obtener la altura medida desde la base (terreno), del nivel de apoyo del elemento no estructural (hx).

Posteriormente, el usuario cuenta con dos opciones con las que puede diseñar usando mampostería parcialmente reforzada. La primera opción, consiste en usar piezas de perforación vertical de la ladrillera Santafé. Cabe destacar que, si el usuario selecciona esta opción, los datos en el panel ubicado a la derecha del módulo se actualizarán y se podrá visualizar las propiedades geométricas de la pieza seleccionada, estos valores fueron suministrados por Ladrillera Santafé específicamente por la gerencia de Innovación. Sin embargo, se tuvieron que realizar las correcciones para el cálculo del peso específico del muro.

Tabla 34 Piezas Santafé para el diseño de mampostería parcialmente reforzada elaboración propia

Piezas de Ladrillera Santafé diseño de mampostería parcialmente reforzada y confinada								
Pieza	Tipo	Peso unit (kgf)	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Ancho pega (cm)	γ muro (kgf/m ³)	Área celda [cm ²]
Bloque No. 4 PH	PH	5,7	33,0	23,0	9,0	2,0	914,2	90,00
Bloque No. 5 PH	PH	6,2	33,0	23,0	11,5	2,0	791,2	115,00
Ladrillo Estructural Perforación Vertical Doble Pared	PV	8,3	33,0	23,0	11,5	3,2	1033,0	50,23
Ladrillo Estructural Perforación Vertical Doble Pared Medio Fachada Rojo	PV	3,9	33,0	11,0	11,5	3,2	1034,9	50,23
Ladrillo Estructural Perforación Vertical Fachada Rojo	PV	7,8	33,0	23,0	11,5	1,8	944,7	96,17
Ladrillo Estructural Perforación Vertical Medio Fachada Rojo	PV	4,0	33,0	11,0	11,5	1,8	979,8	96,17
Ladrillo Prensado Liviano de 6cm	PV	2,2	24,5	6,0	12,0	2,2	1201,2	51,20
Ladrillo Tolete Gran Formato de 11.5cm	PV	3,1	39,0	5,0	11,5	2,5	1289,8	38,46
Ladrillo Tolete Gran Formato de 19.0cm	PV	4,4	39,0	5,0	19,0	3,0	1089,6	68,04
Ladrillo Tolete Fino Liviano	PV	2,6	24,5	6,0	12,0	2,7	1398,9	41,70
Ladrillo Tolete Modular	PV	1,0	19,0	4,0	9,0	1,8	1335,2	26,25
Ladrillo Portante 30	PV	5,4	29,0	9,0	14,5	3,0	1375,4	56,70
Ladrillo Portante 306	PV	3,7	29,0	6,0	14,5	3,0	1367,6	56,7
Ladrillo Portante 30x12 celda cuadrada	PV	3,95	29,0	9,0	12,0	2,2	1231,7	61,48
Bloque No. 4 de Perforación Vertical	PV	5,7	33,0	23,0	9,0	1,0	879,0	64,32
Bloque No. 5 de Perforación Vertical	PV	5,8	33,0	23,0	11,5	0,9	721,2	96,92
Ladrillo Portante 306x12	PV	3,1	29,0	6,0	12,0	1,0	1259,0	46,75

Por otro lado, la segunda opción se basa en el último B.3.4 de la NSR-10, en la cual, a partir del espesor del elemento no estructural, se obtiene un peso específico que se puede usar para los cálculos posteriores, también mencionada en la tabla 7 del marco teórico.

En el caso de que se encuentre evaluando un muro de mampostería de altura parcial o un elemento en voladizo tales como parapetos, áticos y chimeneas; se habilitará la casilla “altura del elemento”. Por otro lado, si se encuentra evaluando un elemento que no se encuentre dentro de esta categoría, la casilla se encontrará deshabilitada y se tomará por defecto la altura del piso a evaluar.

Por último, si el usuario conoce la aceleración horizontal “ a_x ” sobre el elemento no estructural (localizado en el piso a evaluar) obtenido por medio de un análisis detallado, se cuenta con una casilla de carácter opcional para que se pueda tomar esta, en vez de la calculada por medio de las ecuaciones presentes en el A.9.4-2. Que se observan más adelante como ecuaciones 2 y 3 del presente documento.

A continuación, el usuario deberá validar los datos ingresados. Si el programa determina que los datos no presentan ningún tipo de error, se habilitará la opción de continuar. De lo contrario, se mostrará un mensaje indicando el error que cometido; cabe resaltar que este puede ser consecuencia de la falta de datos o debido a que alguno de los datos se encuentra por fuera de los parámetros mencionados con anterioridad:

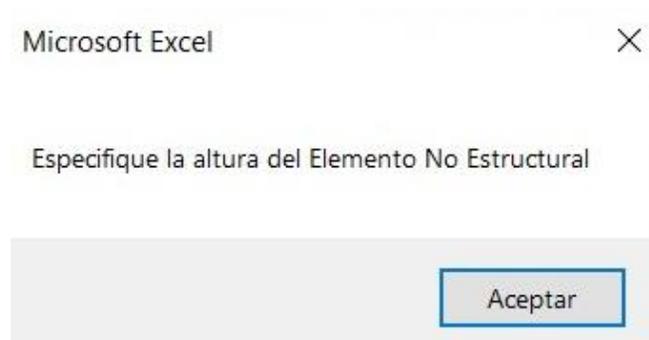


Figura 16 Tomada del programa planteado para la metodología - Ejemplo de error generado por falta de datos

Al hacer clic en la opción “Continuar” del módulo 6, el programa realizará los siguientes cálculos internos:

A partir del grado de desempeño, obtendrá de la tabla A.9.5-1 el valor del coeficiente de amplificación dinámica a_p y el tipo de anclaje requerido para determinar el coeficiente de capacidad de disipación R_p .

$$\text{Valor } R_p = \begin{cases} \text{Especiales} = 6 \\ \text{Ductiles} = 3 \\ \text{No ductiles} = 1,5 \\ \text{Húmedos} = 0,5 \end{cases}$$

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

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) * h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq} \quad \text{Ecuación 20}$$

El coeficiente A_s es la aceleración máxima en la superficie del suelo estimada como la aceleración espectral correspondiente a un periodo de vibración igual a cero

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq} \quad \text{Ecuación 21}$$

Una vez obtenida la aceleración horizontal sobre el elemento no estructural, los coeficientes dinámicos a_p y R_p , junto con el peso del elemento, se puede calcular la fuerza sísmica horizontal sobre el elemento no estructural, aplicada en su centro de masa.

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p \leq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p \quad \text{Ecuación 22}$$

Dependiendo el tipo de condición de apoyo del elemento no estructural, se obtendrán el momento y el cortante actuante. En otras palabras, si la condición de apoyo es de un elemento simplemente apoyado se usará la ecuación 5. No obstante si la condición de apoyo se encuentra en voladizo en uno de sus extremos, se usarán la ecuación 6.

$$\text{Simplemente apoyado} = \begin{cases} Mu = \frac{Wu * l^2}{8} \\ Vu = \frac{Wu * l}{2} \end{cases} \quad \text{Ecuación 23}$$

$$\text{Apoyado en un extremo} = \begin{cases} Mu = \frac{Wu * l^2}{2} \\ Vu = Wu * l \end{cases} \quad \text{Ecuación 24}$$

Posteriormente, se calcula la cuantía a partir del momento actuante y las propiedades físicas del material. De manera siguiente, se calcula el área de acero requerida y posteriormente, el programa iterará la mejor configuración posible haciendo referencia al diámetro y al costo sin exceder el límite de separación vertical establecido en el capítulo D.8 de la NSR-10.

Para los siguientes cálculos se asume que la dovela se encuentra localizada en la mitad de la celda, debido a esto, la distancia desde el borde del muro al centroide de la barra de refuerzo es la mitad del espesor de la pieza.

$$p_{requerida} = \frac{fm}{1.18 * fy} - \sqrt{\frac{fm^2}{1.18 * fy} - \frac{Mu * fm}{0.59 * 0.9 * b * d^2 * fy^2}} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$As = p * b * d \quad \text{Ecuación 26}$$

En cuanto al refuerzo vertical, el programa busca la condición óptima en términos de costos. Se parte del supuesto que una mayor separación entre los refuerzos, sin superar los límites establecidos por el reglamento, resulta ser la condición más rentable en términos económicos y de acuerdo con su versatilidad en términos constructivos. En consecuencia, el programa itera las configuraciones usando las barras N°6, N°5, N°4 y N°3. En caso de que el refuerzo indicado por el programa exceda la separación de la norma, se asignará por defecto el refuerzo mínimo correspondiente a una barra N°3 cada 2,40 metros.

$$Separación\ vertical = \frac{Área_{barra}}{Área_{requerida}} \quad \text{Ecuación 27}$$

En cuanto al refuerzo horizontal, se dispone el límite establecido por la NSR-10 en el último D para lograr transmitir los esfuerzos perpendiculares al plano del elemento conectados por grafiles a los refuerzos verticales, que para este caso son dovelas.

Una vez finalizado los cálculos, se dispondrán los resultados en el módulo 7 figura 17. Cabe destacar que estos datos estarán deshabilitados para edición pública del usuario.

Figura 17 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 7. Resultados para mampostería parcialmente reforzada

Finalmente, se realiza una comprobación del diseño realizado revisando que las resistencias a flexión y a cortante cumplen. Adicionalmente, se comprueba que la cuantía calculada sea mayor que la cuantía mínima y menor que la mitad de la cuantía balanceada como lo establece el capítulo D.5 de la NSR-10. Por último, se verifica que la separación no se encuentre por encima de la permitida. Cuando el usuario utilizó alguna pieza de la ladrillera Santafé para el diseño, el programa utilizará la comprobación del capítulo D.5. Por otro lado, si se seleccionó la opción del peso específico, se utilizarán las fórmulas de resistencias a flexión y cortante de Colciencias.

Diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano de la NSR-10:

En primera instancia, se debe calcular el factor de reducción de resistencia axial por esbeltez, para ello se debe tener en cuenta la altura efectiva, la cual varía considerando la condición de apoyo en la que se encuentre el elemento no estructural. De acuerdo con la sección D.5.4.3, la altura efectiva

se toma como la distancia libre entre apoyos si el elemento se encuentra soportado lateralmente arriba y abajo en la dirección considera. En caso de que el elemento se encuentre soportado en un extremo de la dirección considerada, se debe tomar el doble de la dimensión medida desde el apoyo.

$$Re = \begin{cases} \text{para } \frac{h'}{t} \leq 30 \rightarrow 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \\ \text{para } \frac{h'}{t} > 30 \rightarrow \left[\frac{21 * t}{h'} \right]^2 \end{cases} \quad \text{Ecuación 28}$$

En segunda instancia, con base en la sección D.5.7 – DISEÑO DE MUROS EN LA DIRECCIÓN PERPENDICUAR A SU PLANO, se evalúa el método por el cual se debería diseñar estos elementos. Ya que un elemento no estructural solo soporta su propio peso, el programa parte del hecho de que la siguiente condición siempre se cumple.

$$Pu \leq 0.10 * f'm * A_e \quad \text{Ecuación 29}$$

Utilizando las siguientes ecuaciones, se calculan las resistencias a cortante y a flexión de los elementos en su dirección perpendicular a su plano.

$$a = \frac{As * fy + Pu}{0.80 * fm * b} \quad \text{Ecuación 30}$$

$$A_{se} = \frac{As * fy + Pu}{fy} \quad \text{Ecuación 31}$$

$$Mn = A_{se} * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ecuación 32}$$

Así mismo en el capítulo D.5.7.4 de la NSR-10 se establece la metodología para determinar la resistencia a cortante en la dirección perpendicular al plano del muro. Es conveniente resaltar que el programa no asume $A_{mv} = A_e$. Para este caso desde el punto de vista de constructivo teniendo en cuenta lo expresado en la NSR -10 D.5.4.5.1 establece que A_{mv} al ser la sumatoria de las porciones del muro inyectadas con mortero de relleno, incluyendo las paredes de las unidades de mampostería que la circundan y que tienen mortero de pega, es un valor más conservador, puesto que en la mayoría de casos se encuentran deficiencias con las pega vertical la cual se observa en el desarrollo del estado del arte del presente documento como uno de los inconvenientes constructivos.

$$V_n = \frac{1}{6} * A_{mv} * \sqrt{f_m} \quad \text{Ecuación 33}$$

Para establecer los valores de los coeficientes de reducción se toman los establecidos en la NSR-10 D.5.1.5 “Efectos gravitacionales y fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro” donde se contemplan los siguientes valores:

- (a) Flexión y flexo-compresión..... $\phi = 0.80$
 (b) Cortante $\phi = 0.60$

$$M_u \leq \phi * R_e * M_n \quad \text{Ecuación 34}$$

$$V_u \leq \phi * V_n \quad \text{Ecuación 35}$$

Metodología de Colciencias:

En el artículo de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004), se establece el siguiente procedimiento para poder obtener la capacidad a flexión y a cortante fuera del plano a partir de las propiedades de la mampostería y de las dimensiones de las piezas a utilizar.

$$Mn = As * fy * (d - 0.59 * \frac{As * fy}{2 * b * fm}) \quad \text{Ecuación 36}$$

$$Vn = 0,53 * \sqrt{fm} * b * h \quad \text{Ecuación 37}$$

$$Mu \leq 0.8 * Mn \quad \text{Ecuación 38}$$

$$Vu \leq 0.6 * Vn \quad \text{Ecuación 39}$$

De manera adicional, otro requerimiento que debe cumplir el diseño es el límite de las cuantías. En primer lugar, la cuantía debe ser mayor a la cuantía mínima estipulada en el capítulo D.8. En segundo lugar, la cuantía no debe exceder la mitad de la cuantía balanceada.

$$p_{min} = 0.00027$$

$$p_{balanceada} = 0.80 * 0.85 * \frac{fcr}{fy} * \frac{\epsilon_m}{\epsilon_m + \epsilon_y} \quad \text{Ecuación 40}$$

En cuanto a los anclajes que se dispondrán para la configuración a realizar, se deben seguir un procedimiento para verificar que la capacidad de los anclajes sea mayor a la demanda que resiste el muro en sus extremos. En primera instancia, se debe amplificar el cortante último por un factor de 1.33 tal como lo especifica la sección A.9.4.10 – ELEMENTOS DE CONEXIÓN PARA COMPONENTES NO ESTRUCTURALES. En segunda instancia, se debe multiplicar el valor obtenido anteriormente, por el espaciamiento definido por el espaciamiento definido por el programada. Cabe resaltar que este valor no puede ser mayor a los 2.4 metros establecidos por la NSR-10 último D

$$Vu = Vu * Espaciamiento * 1.33 \quad \text{Ecuación 41}$$

El tamaño de la barra a usar para el anclaje se iterará con la finalidad de optimizar la configuración del sistema. La resistencia a cortante del anclaje será calculada mediante la siguiente fórmula.

$$\phi V_n = 0.6 * A_s * F_y \quad \text{Ecuación 42}$$

Al mismo tiempo, se debe verificar por cuestiones de buena práctica constructiva que la diferencia de diámetros entre el anclaje y la dovela no sea superior a dos diámetros.

Posteriormente, se despliega el módulo 8 figura 18, en donde se puede visualizar que el diseño del elemento no estructural cumple con todos los requerimientos.

Comprobación del Elemento No Estructural

Programa Elementos No Estructurales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MAeC Maestría en Construcción

Roger Romero Lesmes
Ingeniero Civil en Construcción Maestría

Comprobación

Mu	<input type="text"/>	$\phi ReMn$	<input type="text"/>	Mu <= $\phi ReMn$	<input type="text"/>
Vu	<input type="text"/>	ϕVn	<input type="text"/>	Vu <= ϕVn	<input type="text"/>
p	<input type="text"/>	0.5 Pb	<input type="text"/>	p <= 0.5 Pb	<input type="text"/>
p	<input type="text"/>	pmin	<input type="text"/>	p >= pmin	<input type="text"/>
S	<input type="text"/>	S	<input type="text"/>	S <= S max	<input type="text"/>

Ancajes

1.33 * Vu	<input type="text"/>	Ancaje	<input type="text"/>
ϕVn	<input type="text"/>	1.33 * Vu <= ϕVn	<input type="text"/>
2 Diametros	<input type="text"/>		

Regresar Finalizar

Figura 18 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 8. Comprobación del diseño

5.1.2 Comprobación de elementos no estructurales mampostería parcialmente reforzada

El segundo caso hace referencia a comprobación de mampostería parcialmente reforzada, esta metodología se encuentra basada en las fórmulas del artículo de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004) y la universidad. El proceso es similar al de diseño, sin embargo, tiene una serie de campos que se ajustan a los valores presentes en las memorias de cálculo de los elementos no estructurales en la etapa de revisión de diseño, los cuales fueron tomados de los proyectos que se evaluaron previamente a la construcción de la metodología.

De igual manera que la opción de diseño para mampostería parcialmente reforzada, el programa puede calcular el peso específico del elemento por medio del capítulo B.3.2 o también puede usar el peso específico que disponga el usuario. Por otro lado, el usuario debe digitar los detalles del refuerzo. Lo último se compone por el número de la barra y su separación utilizada para las dovelas. Además, se debe escoger el número de anclaje que se usó.

En efecto, se dispone de un último panel en donde el usuario puede variar algunos supuestos iniciales del programa, tales como la resistencia de la mampostería, la resistencia del acero y el ancho de la pieza si es conocida.

Características del Elemento No Estructural Comprobación Mampostería parcialmente reforzada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Programa Elementos No Estructurales

MAEC Maestría en Construcción

Roger Romero Lesmes
Ingeniero Civil
Maestría en Construcción

Características Elemento No Estructural

Grado de desempeño: Bajo

Piso a evaluar: Cubierta

Espesor del muro: 12 (cm)

Peso específico según B.3

Conozco el peso específico utilizado para el diseño

Peso específico utilizado: (ton/m³)

Altura elemento: (m)

Conozco la aceleración ax: (g)

Elementos de refuerzo

Numero de barra: #3

Separacion de dovelas: 2 (m)

Diametro anclaje: #5

Dimensiones de la pieza a utilizar

Cargar datos

b: (m)

fm: (Mpa)

Fy: (Mpa)

* Todos los valores con decimales se deben digitar con coma (,).

Regresar Validar Continuar

Figura 19 Tomada del programa planteado para la metodología - Parámetros de entrada para comprobación de mampostería parcialmente reforzada.

Para comprobación, el proceso resulta muy similar al de diseño, no obstante, como los detalles del refuerzo son conocidos, no es necesario calcular el área de acero con base en el momento actuante. Por el contrario, a partir del área del refuerzo utilizada se puede calcular la resistencia de la configuración a evaluar. Por lo tanto, el programa comprueba que la resistencia de la configuración sea mayor a las cargas actuantes. Por consiguiente, verifica el que el valor de la cuantía y la separación máxima cumpla con los requerimientos mencionados en la sección de diseño para mampostería parcialmente reforzada.

$$p = \frac{A_s}{b * d}$$

Ecuación 43

En cuanto a los valores de las capacidades a flexión y a cortante de la configuración digitada por el usuario, se calculan mediante la metodología de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004) explicada en la sección anterior debido a que la metodología de la NSR-10 exige tener la totalidad de las dimensiones a evaluar. Al oprimir el botón “Continuar”, se desplegará el módulo 8 para que el usuario pueda ver si el diseño a evaluar cumple con todos los requerimientos, o si, por el contrario, el programa detecta algún error.

De igual manera que el diseño, el programa comprobará si la configuración del anclaje cumple con la demanda del sistema. No obstante, en comprobación el programa no dispondrá de ningún calculo para iterar el anclaje, por el contrario, dispondrá del valor que el usuario introduzca y a partir de ello comprobará si la configuración es adecuada y cumple que la resistencia sea mayor a la demanda, y que la diferencia de diámetros entre el refuerzo de la dovela y el anclaje no sea superior a dos veces su diámetro.

Estos valores y cálculos se pueden apreciar en el módulo anterior, así como los condicionales para verificar que la comprobación satisface todos los requerimientos.

5.2 Mampostería confinada

5.2.1 Diseño de elementos no estructurales con mampostería confinada

Características del Elemento No Estructural Diseño Mampostería confinada

Programa Elementos No Estructurales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MAeC Maestría en Construcción

Roger Romero Lesmes
Ingeniero Civil Maestría en Construcción

Características Elemento No Estructural

Grado de desempeño: Bajo

Piso a evaluar: Cubierta

Pieza Ladrillera Santafe: Bloque No. 4 PH

Altura elemento: (m)

Conozco la aceleración ax (g)

Conozco la aferencia (m)

Método alternativo

Metodo de la NSR-10 Espesor: (cm)

Peso específico según B.3.2: (ton/m3)

Dimensiones elemento no estructural

Largo Bloque: 12 (cm)

Altura Bloque: 12 (cm)

Espesor Bloque: 12 (cm)

Peso Especifico: 12 (ton/m3)

Area Celda: 12 (cm2)

Supuestos

Recubrimiento: 2 (cm)

fcr: 12,5 (Mpa)

* Todos los valores con decimales se deben digitar con coma (,).

Regresar Validar Continuar

Figura 20 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 10. Parámetros de entrada para diseño de mampostería confinada.

Para el diseño de mampostería confinada, se dispone de un módulo que permite realizar dos tipos de diseño. El primer diseño, es similar al de mampostería parcialmente reforzada, en el cual, a partir de un área requerida, se busca optimizar la mejor configuración. El segundo diseño consiste en determinar la aferencia de las columnetas debido a que las condiciones del muro requieren ese espaciamiento y calcular que barra de acero aportan la resistencia requerida para satisfacer las condiciones del elemento no estructural.

De igual manera que el módulo 6 y el módulo 10, se cuenta con la opción de utilizar el peso específico estipulado en el capítulo B.3.4 de la norma sismorresistente colombiana o si se desea utilizar una de las piezas de perforación horizontal de la ladrillera Santafé. Estos valores se encuentran en la sección anterior en la tabla 10

En el caso de que el usuario no utilice el campo de aferencia de columnetas deseada, el programa encontrará la mejor configuración. De la misma manera que se realizó en mampostería parcialmente reforzada, el programa itera las configuraciones usando las barras N°6, N°5, N°4 y N°3. En caso de que el refuerzo indicado por el programa exceda la separación de la norma, se asignará por defecto el refuerzo mínimo correspondiente a una barra N°3 cada 2,40 metros. Cabe mencionar que, debido a la disposición de las columnetas, la distancia desde el borde del muro al centroide de la barra de refuerzo ya no es la mitad del espesor de la pieza. Para mampostería confinada, se estableció un recubrimiento de dos centímetros, por lo tanto, la distancia d será la resta entre la altura de la sección transversal de la columneta y el recubrimiento. En efecto este recubrimiento puede ser modificado por el usuario hasta un máximo de 4 centímetros.

$$p_{requerida} = \frac{f_{cr}}{1.18 * f_y} - \sqrt{\frac{f_{cr}^2}{1.18 * f_y} - \frac{M_{diseño} * f_{cr}}{0.59 * 0.9 * b_{columneta} * d^2 * f_y^2}}$$
Ecuación 447

$$A_{srequerida} = p * b_{columneta} * d$$
Ecuación 28

$$Separación\ vertical = \frac{Área_{barra}}{Área_{requerida}}$$
Ecuación 29

Si el usuario decidió utilizar la opción de aferencia de columnetas deseada, el programa calculará el momento y fuerza de corte actuantes sobre el muro no estructural y verificará que el área de la barra propuesta por el programa sea mayor al área requerida.

$$A_s \geq A_{srequerida}$$
Ecuación 30

A partir de este punto, se despliega el módulo 7 y el módulo 8, visualizados anteriormente para que el usuario pueda visualizar las características y los requerimientos del diseño del elemento no estructural por medio de la opción diseño de elementos no estructurales con mampostería confinada.

5.2.2 Comprobación de elementos no estructurales mampostería confinada

Características del Elemento No Estructural Comprobación Mampostería confinada

Programa Elementos No Estructurales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MAeC Maestría en Construcción

Roger Romero Lesmes
Ingeniero Civil en Construcción Maestría

Características Elemento No Estructural

Grado de desempeño: (cm)

Piso a evaluar: (cm)

Espesor del muro: (cm)

Peso específico según B.3:

Conozco el peso específico utilizado para el diseño

Peso específico utilizado: (ton/m³)

Altura elemento: (m)

Conozco la aceleración ax: (g)

Conozco la deriva: (%)

Elementos de refuerzo

Base Columneta: (cm)

Conozco el recubrimiento: (cm)

Elementos de refuerzo

Refuerzo longitudinal: (m)

Aferencia Columnetas: (m)

Diametros de anclaje: (m)

Supuestos

Altura Icopor: (cm)

f_{cr}: (Mpa)

* Todos los valores con decimales se deben digitar con coma (,).

Regresar Valdar Continuar

Figura 21 Tomada del programa planteado para la metodología -módulo 11. Parámetros de entrada para comprobación de mampostería confinada.

El cuarto caso hace referencia a comprobación de mampostería confinada, esta metodología se encuentra basada en las fórmulas del artículo de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004) para columnetas. Este módulo se enfoca en verificar que la resistencia de los elementos verticales cumpla tanto a flexión como a corte en la dirección perpendicular al plano. Para ello se usaron las siguientes formulas:

$$Mn = p * fy * b * d^2 * (1 - 0,59 * p * \frac{fy}{fc}) \quad \text{Ecuación 31}$$

$$\phi Vn = 0.6 * Ast * fy \quad \text{Ecuación 3245}$$

$$Mu \leq 0,8 * Mn \quad \text{Ecuación 33}$$

$$Vu \leq 0.8 * \phi Vn \quad \text{Ecuación 34}$$

No obstante, verifica las condiciones del anclaje, los cuales deben resistir la carga a corte en el punto de apoyo del elemento no estructural y de manera adicional, no puede diferir de dos veces el diámetro con respecto al diámetro utilizado para el refuerzo vertical. En todo caso la carga del anclaje se mayoró por un factor de 1.33 según lo estipulado en el capítulo A.9 de la NSR-10.

De manera adicional, el artículo de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004), dispone de una verificación adicional para los anclajes. Este chequeo parte del momento de plastificación de la sección circular del anclaje y de la longitud libre del conector dentro del poliestireno expandido que como lo sugieren distintos autores y en este caso Colciencias y la universidad de los Andes, (2004) debe ser mínimo de 10 centímetros

$$V_{plastificacion} = \frac{\pi * D^3 * F_y}{16 * L} \quad \text{Ecuación 35}$$

Por lo tanto, las verificaciones que se hacen con respecto a los anclajes son las siguientes:

$$1.33 * Vu * Aferencia_{columnetas} \leq \phi Vn \quad \text{Ecuación 36}$$

$$V_{\text{plastificación}} \leq \phi V_n$$

Ecuación 37

Además, dado la dificultad de generalizar el cálculo de derivas para todos los sistemas, el módulo 11 cuenta con un campo para que el usuario pueda ingresar el valor de la deriva de la estructura si esta es conocida. A partir de las recomendaciones hechas en el artículo de Colciencias y la universidad de los Andes, (2004), para un grado de desempeño dado, las derivas no pueden exceder los valores de grado superior 0,20%, grado bueno 0,60%, grado bajo 1,00%. Así las cosas todas las restricciones presentadas anteriormente serán impresas en el módulo 12.

The screenshot shows a software window titled 'UserForm14' with a red brick background. The main title is 'Programa Elementos No Estructurales'. It features logos for 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA' and 'MA&C Maestría en Construcción'. The interface is divided into three main sections:

- Caracterización de la estructura:** Contains input fields for M_u (kN*m), V_u (kN), S (m), ϕ/M_n , $M_u <= \phi/M_n$, ϕ/V_n , $V_u <= \phi/V_n$, p_{min} , $p >= p_{min}$, and $S <= S_{max}$.
- Anclajes:** Contains input fields for $1.33 * V_u$, 2 Diametros , ϕ/V_n , $1.33 * V_u <= \phi/V_n$, and $\phi/Plastificación$, $1.33 * V_u <= \phi/Plastificación$.
- Derivas:** Contains input fields for $Deriva$ (%), $Max \text{ deriva Colciencias}$, and $Deriva < Deriva \text{ max}$.

At the bottom, there are two buttons: 'Regresar' and 'Finalizar'.

Figura 22 Tomada del programa planteado para la metodología - módulo 12. Resultados de comprobación en mampostería confinada.

6. Revisión de proyectos

Para el análisis y revisión de los proyectos se realizaron las correcciones necesarias al programa y los reportes que serán aportados son los que finalmente entregará la metodología en el formato planteado por el autor y serán de uso académico hasta tanto se defina el rumbo que tendrá este desarrollo.

Cada reporte cuenta 4 hojas distribuidas de la siguiente forma:

- Hoja 1: Datos del proyecto distribuidos así: caracterización de la estructura, periodo de la estructura, coeficientes sísmicos calculados del último A.2 de la NSR-10
- Hoja 2: Propiedades del elemento no estructural como: tipo de elemento evaluado, grado de desempeño, pieza a utilizar, altura del elemento, ubicación, coeficiente de amplificación dinámica, tipo de anclaje, coeficiente de disipación de energía, geometría del elemento, aceleración en el punto de soporte del elemento y fuerza sísmica de diseño
- Hoja 3: Continuación de las propiedades del elemento no estructural: tipo de apoyo, calculo para refuerzo horizontal que incluye:
 - Momento último, cuantía, área de acero, diámetro de la barra a utilizar y separaciónPara la revisión a cortante y anclajes tendrá:
 - Cortante último, diámetro del acero horizontal, separación vertical de dicho refuerzo, cortante para el anclaje y el conector.

- Hoja 4: En esta hoja se incluirán los valores para la comprobación del diseño del elemento no estructural como:
 - Momento nominal, Cortante Nominal, cuantía balanceada, cuantía mínima, separación máxima
 - Para la comprobación del anclaje imprimirá cortante nominal y diámetro del conector

Por último, se dejará un campo de observaciones para que el usuario consigne las anotaciones que considere pertinentes.

A continuación, se realizará la evaluación en diseño para cada uno de los proyectos según lo establecido en el criterio de resultados consignados en la metodología, la revisión de proyectos se realizará en el mismo orden en el que se tiene la caracterización de los proyectos (casos).

En compañía del director de la tesis se establecieron criterios para el reporte de los resultados en comprobación, los cuales son muy similares a los de diseño. Además de acuerdo a lo pactado con la curaduría urbana No. 3 se enviarán los reportes completos en archivo Excel una vez se encuentre aprobado el documento final por parte de los jurados. Por tal motivo, se eligió revisar el proyecto Park Living puesto que contiene el mayor número de elementos evaluados.

Por tratarse de los resultados serán consignados en el formato descrito anteriormente y no estarán referenciados como tabla o figura.

6.1 Revisión en diseño:

6.1.1 Proyecto 127 Living

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura	Nombre del proyecto:	LIVING 127 FACHADA APOYADA ARRIBA Y ABAJO
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:		Otros
Ciudad:		Bogotá D. C.
Zona:		LACUSTRE 200
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:		I
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,904 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 0,904 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,76 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Arriba y Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,4	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,400 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,889 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,0995 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,07165 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0005336
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,32014 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 2,225739996 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,1194 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,28830008		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		LIVING 127 MUROS DIVISORIOS
	Nombre del proyecto:	APOYADOS ARRIBA Y ABAJO
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	Tx	= 0,904 s
Periodo de la estructura en y:	Ty	= 0,904 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
Aa	Aa	= 0,15
Av	Av	= 0,2
Fa	Fa	= 1,2
Fv	Fv	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,76 s
Pseudo-aceleración	Sa	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Muros divisorios de Altura Total	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,4	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	<i>Húmedos</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 0,5
Espesor Elemento:	t	= 0,115 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,400 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1610 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,889 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2861 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,20599 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0017217
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,98997 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 5
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 1,999382471 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,3433 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,47509363		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
Observaciones:					

6.1.2 Casa chico

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: CASA CHICO DISEÑO
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	ALUVIAL 200	
Tipo de Suelo:		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,83 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,05
F_v	F_v	= 2,1
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,83 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,3938 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Muros divisorios de Altura Total	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar (Opcional):		
Altura del Elemento:	2,6	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	<i>Húmedos</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 0,5
Espesor Elemento:	t	= 0,100 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1300 (ton/m ²)
base ancho columneta	b_c	= 0,1 m
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,9370 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,2436 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,20586 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0299438
Área de Acero:	A_s	= 2,24579 cm^2
Barra a usar	# Barra	= Barra # 6
Separación Vertical:	sv	= 2 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,3167 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Separación Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
Número de barra	# Barra	= Barra # 3
<u>Deriva (Opcional)</u>		
	Δ	= %
<u>Altura icopor</u>		
	h_{icopor}	= cm
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,3962		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	1,4314		<i>cumple</i>
0.5 Pb	$0.5 Pb$	=	0,0100		<i>No cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00333		<i>cumple</i>
S _{NSR10}	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,431		<i>cumple</i>
V plastificacion	$\phi V_{plastificacion}$	=			<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
<u>Comprobación Deriva</u>					
Deriva màx	Δ_{max}	=	1		<i>N/A</i>
Observaciones:					

6.1.3 Park Living

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 1 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,009 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 0,73 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,009 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Arriba y Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,45	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,400 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,893 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,1000 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,07504 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0005592
Área de Acero:	A_s	= 0,33553 cm ²
Barra a usar	# Barra	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	sv	= 2,12 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,1225 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,346057454
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,29128995		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 2 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,010 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,010 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	✔	1,05
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso especifico:	γ_p	= 1,400 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,893 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2500 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,13783 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0010397
Área de Acero:	A_s	= 0,62381 cm ²
Barra a usar	# Barra	= Barra # 4
Refuerzo Vertical:	sv	= 2,03 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,2625 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,70908324
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i>Comprobación del elemento no estructural</i>					
M nominal	ϕMn	=	0,30862755		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i>Comprobación anclaje</i>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 3 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,010 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,010 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,6	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,400 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,972 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2722 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,34836 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0027470
Área de Acero:	<i>As</i>	= 1,64819 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 6
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 1,73 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,4355 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	<i>Vu</i>	= 1,001538533
Anclaje	<i># Barra</i>	= Barra # 4
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i>Comprobación del elemento no estructural</i>					
M nominal	ϕMn	=	0,54731491		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i>Comprobación anclaje</i>					
V nominal	ϕVn	=	3,2508		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

6.1.4 Balcony 85

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Balcony 1 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,064 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,064 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Arriba y Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,3	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,500 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1800 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,330 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,0396 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,02619 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0001934
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,11601 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 2,40 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,0455 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	<i>Vu</i>	= 0,14536368
Anclaje	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,28230478		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Balcony 2 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,064 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,064 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Solo Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,0	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso especifico:	γ_p	= 1,500 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1800 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,330 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,0990 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,04950 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0003671
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,22026 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 2,40 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,0990 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	<i>Vu</i>	= 0,316008
Anclaje	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i>Comprobación del elemento no estructural</i>					
M nominal	ϕMn	=	0,20247896		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i>Comprobación anclaje</i>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

6.1.5 Alameda Plaza

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Alameda muros altura total
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,979 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,979 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Muros divisorios de Altura Total	
Grado de Desempeño:	Bueno	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,55	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,1 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,410 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1410 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,550 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,0517 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,04202 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0004497
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,22485 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 2 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,0659 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	<i>Vu</i>	= 0,21040866
Anclaje	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,24402214		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Alameda 2 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,979 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,979 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Muros divisorios de Altura Parcial	
Grado de Desempeño:	Bueno	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,2	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,1 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,410 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1410 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,550 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,1293 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,09306 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0010100
Área de Acero:	A_s	= 0,50502 cm ²
Barra a usar	# Barra	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	sv	= 1,41 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,1551 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,291054161
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,17730795		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

6.1.6 Brisas de Invierno

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: <i>Brisas de invierno diseño</i>
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	ALUVIAL 100	
Tipo de Suelo:		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,07 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 1,07 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 2,1
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,07 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar (Opcional):		
Altura del Elemento:	1,0	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,120 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso especifico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1560 (ton/m ²)
base ancho columneta	b_c	= 0,12 m
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,7240 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,1882 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,09412 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0048792
Área de Acero:	A_s	= 0,55622 cm^2
Barra a usar	# Barra	= Barra # 3
Separación Vertical:	sv	= 2 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,1882 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Separación Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
Número de barra	# Barra	= Barra # 3
<u>Deriva (Opcional)</u>		
	Δ	= %
<u>Altura icopor</u>		
	h_{icopor}	= cm
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0		<i>cumple</i>
0.5 Pb	<i>0.5 Pb</i>	=	0,0100		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00333		<i>cumple</i>
S _{NSR10}	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,431		<i>cumple</i>
V plastificacion	$\phi V_{plastificacion}$	=			<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
<u>Comprobación Deriva</u>					
Deriva màx	Δ_{max}	=			<i>No cumple</i>
Observaciones:					

6.1.7 Sotavento Mediterraneo

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Sotavento 1 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,860 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 0,86 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,860 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Muros divisorios de Altura Total	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,4	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	<i>Húmedos</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 0,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso especifico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1560 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,833 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2599 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,18713 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0014255
Área de Acero:	A_s	= 0,85528 cm^2
Barra a usar	# Barra	= Barra # 5
Refuerzo Vertical:	sv	= 2,31 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,3119 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,959936996
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,49880563		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Sotavento 2 Diseño
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 0,860 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 0,86 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 0,860 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,0	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coeficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coeficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1560 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,833 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,2166 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	<i>Mu</i>	= 0,10829 (ton-m/m)
Cuantía:	<i>p</i>	= 0,0008121
Área de Acero:	<i>As</i>	= 0,48728 cm ²
Barra a usar	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	<i>sv</i>	= 1,46 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	<i>Vu</i>	= 0,2166 (ton/m)
Barra a usar	<i># Barra</i>	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	<i>sv</i>	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	<i>Vu</i>	= 0,421226271
Anclaje	<i># Barra</i>	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i>Comprobación del elemento no estructural</i>					
M nominal	ϕMn	=	0,20247896		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i>Comprobación anclaje</i>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

6.1.8 Segal

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura	Nombre del proyecto:	Segal diseño 1
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	CERROS	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	<i>T_x</i>	= 1,435 s
Periodo de la estructura en y:	<i>T_y</i>	= 1,39 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
<i>A_a</i>	<i>A_a</i>	= 0,15
<i>A_v</i>	<i>A_v</i>	= 0,2
<i>F_a</i>	<i>F_a</i>	= 1,35
<i>F_v</i>	<i>F_v</i>	= 1,3
Coefficiente de importancia	<i>I</i>	= 1
Periodo	<i>T</i>	= 1,435 s
Pseudo-aceleración	<i>S_a</i>	= 0,2174 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Arriba y Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	3,0	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,115 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1495 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,478 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,0477 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,05363 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0004338
Área de Acero:	A_s	= 0,24942 cm^2
Barra a usar	# Barra	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	sv	= 2,40 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,0715 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,228246673
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,3092324	cumple	
V nominal	ϕVn	=	0,53126265	cumple	
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060	cumple	
pmin	pmin	=	0,00027	cumple	
Smax	Smax	=	2,4	cumple	
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892	cumple	
Anclaje - Conector				Cumple	
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Segal Diseño 2
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	CERROS	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,435 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 1,392 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,35
F_v	F_v	= 1,3
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,435 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,2174 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,2	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coeficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coeficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,115 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,300 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1495 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,478 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,1192 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,08581 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0006987
Área de Acero:	A_s	= 0,40174 cm ²
Barra a usar	# Barra	= Barra # 3
Refuerzo Vertical:	sv	= 1,773665517 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,1430 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,337361045
Anclaje	# Barra	= Barra # 3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,20556795		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	0,53126265		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

6.2 Comprobación de diseño

6.2.1 Park Living

Diseño de Elementos No Estructurales <i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		Hoja
Reporte de Resultados		1
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 1 Comprobacion
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,009 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= 0,73 s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,009 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Mampostería reforzada Apoyada Arriba y Abajo	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	2,45	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 1,0
Tipo de Anclaje:	No dúctiles	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,4 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
Aceleración en el punto de soporte del elemento	a_x	= 0,893 g
Fuerza Sísmica de Diseño	F_p	= 0,1000 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Simplemente Apoyado	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,07504 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0011876
Área de Acero:	A_s	= 0,71256 cm ²
Barra a usar	# Barra	= #3
Refuerzo Vertical:	sv	= 1,94 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,1225 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,316125072
Anclaje	# Barra	= #3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i><u>Comprobación del elemento no estructural</u></i>					
M nominal	ϕMn	=	0,14365157		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	1,44807019		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i><u>Comprobación anclaje</u></i>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 2
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,010 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,010 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,05	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,4 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,893 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2500 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,13783 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0008907
Área de Acero:	A_s	= 0,71256 cm ²
Barra a usar	# Barra	= #3
Refuerzo Vertical:	sv	= 1,40 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,2625 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,488853204
Anclaje	# Barra	= #3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<u>Comprobación del elemento no estructural</u>					
M nominal	ϕMn	=	0,19153543		<i>cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	1,93076025		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<u>Comprobación anclaje</u>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		1
Reporte de Resultados		
Paso 1: Datos de la Estructura		Nombre del proyecto: Park Living 3 Comprobación
<u>Caracterización de la Estructura</u>		
Sistema Estructural:	Otros	
Ciudad:	Bogotá D. C.	
Zona:	LACUSTRE 200	
Tipo de Suelo(Opcional):		
Grupo de Uso:	I	
<u>Periodo de la Estructura (Opcional)</u>		
Periodo de la estructura en x:	T_x	= 1,010 s
Periodo de la estructura en y:	T_y	= s
<u>Coefficientes sísmicos tomados del título A.2 de la NSR-10</u>		
A_a	A_a	= 0,15
A_v	A_v	= 0,2
F_a	F_a	= 1,2
F_v	F_v	= 3,5
Coefficiente de importancia	I	= 1
Periodo	T	= 1,010 s
Pseudo-aceleración	S_a	= 0,4500 g

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		2
Reporte de Resultados		
<i>Paso 2: Datos del Elemento No Estructural</i>		
<u>Propiedades Elemento No Estructural</u>		
Elemento No Estructural:	Aticos, Parapetos y Chimeneas	
Grado de Desempeño:	Bajo	
Pieza a utilizar:		
Altura del Elemento:	1,6	
Ubicación del Elemnto:	Cubierta	
Coefficiente de amplificación dinámica:	a_p	= 2,5
Tipo de Anclaje:	<i>No dúctiles</i>	
Coefficiente de disipación de energía:	R_p	= 1,5
Espesor Elemento:	t	= 0,12 m
Base Elemento:	b	= 1 m
Peso específico:	γ_p	= 1,4 (ton/m ³)
Peso del Elemento:	W_p	= 0,1680 (ton/m ²)
<u>Solicitaciones del Elemento No Estructural</u>		
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento</i>	a_x	= 0,972 g
<i>Fuerza Sísmica de Diseño</i>	F_p	= 0,2722 (ton/m ²)

Diseño de Elementos No Estructurales		Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>		3
Reporte de Resultados		
<i>Paso 3: Diseño Elemento No Estructural</i>		
Tipo de Apoyo:	Apoyado en un extremo	
<u>Refuerzo Vertical</u>		
M ultimo:	M_u	= 0,34836 (ton-m/m)
Cuantía:	p	= 0,0008907
Área de Acero:	A_s	= 0,71256 cm ²
Barra a usar	# Barra	= #3
Refuerzo Vertical:	sv	= 0,38 m
<u>Revisión Cortante</u>		
V ultimo:	V_u	= 0,4355 (ton/m)
Barra a usar	# Barra	= 2 d 4.00 mm
Refuerzo Horizontal:	sv	= 0,8 m
<u>Anclajes</u>		
V diseño	V_u	= 0,220079462
Anclaje	# Barra	= #3
Observaciones:		

Diseño de Elementos No Estructurales					Hoja
<i>Maestría en Construcción : Roger Romero Lesmes</i>					4
Reporte de Resultados					
<i>Paso 4: Coprobación de Diseño del Elemento No Estructura</i>					
<i>Comprobación del elemento no estructural</i>					
M nominal	ϕMn	=	0,19153543		<i>No cumple</i>
V nominal	ϕVn	=	1,93076025		<i>cumple</i>
0.5 pb	0.5 Pb	=	0,0060		<i>cumple</i>
pmin	pmin	=	0,00027		<i>cumple</i>
Smax	Smax	=	2,4		<i>cumple</i>
<i>Comprobación anclaje</i>					
V nominal	ϕVn	=	1,7892		<i>cumple</i>
Anclaje - Conector					<i>Cumple</i>
Observaciones:					

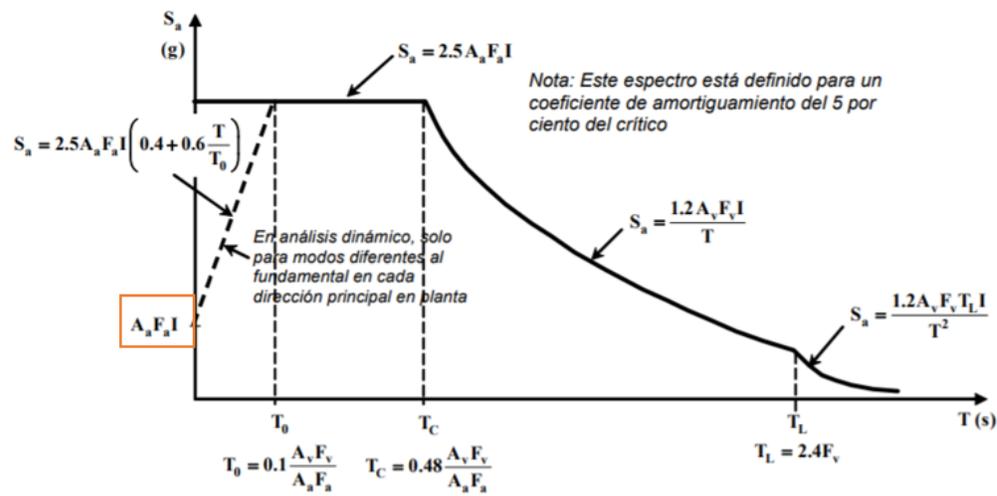
7. Discusión

7.1 Análisis de resultados

En el caso de que no se presente un análisis dinámico para obtener las aceleraciones máximas absolutas sobre los elementos no estructurales localizados en el piso a evaluar (a_x), el capítulo A.9.4.2.1 – Aceleración en el punto de soporte del elemento de la NSR-10, proporciona las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} a_x &= A_s + \frac{(S_a - A_s)h_x}{h_{eq}} & h_x \leq h_{eq} \\ a_x &= S_a \frac{h_x}{h_{eq}} & h_x \geq h_{eq} \end{aligned} \tag{A.9.4-2}$$

Cabe mencionar que el valor de “ A_s ” está definida como la aceleración máxima en la superficie correspondiente a un periodo de vibración igual a 0 en el espectro de pseudo-aceleración, no obstante, este valor no puede ser superior al valor de pseudo-aceleración (S_a) ya que genera un comportamiento anómalo. Para los niveles en donde h_x es mayor o igual a la altura equivalente no se presente ningún inconveniente, no obstante, para la condición en niveles por debajo del límite mencionado con anterioridad, se observa un comportamiento inusual en el cual la relación entre la altura y la aceleración es inversamente proporcional. Es decir, a medida que se incrementa la altura se presenta una disminución en la aceleración. El valor que se utilizó para los cálculos corresponde al valor del espectro reducido mostrado en la siguiente figura:

Ilustración 1. Valor tomado de A_s

A continuación, se realizó un análisis para un edificio de 18 niveles con una altura de entrepiso de 3 metros tanto para la zona de Cerros y Lacustre 200 en el cual se puede evidenciar la diferencia de utilizar el valor de A_s en la meseta del espectro de pseudo-aceleración y el valor de su A_s correspondiente al cálculo $A_a * F_a * I$

Tabla 35 Resultados obtenidos, elaborada por el autor

Nivel	Cerros		Lacustre 200	
	As (g)	2.5 As (g)	As (g)	2.5 As (g)
1	0,203	0,506	0,18	0,450
2	0,204	0,485	0,200	0,450
3	0,206	0,464	0,220	0,450
4	0,207	0,444	0,240	0,450
5	0,209	0,423	0,260	0,450
6	0,211	0,402	0,280	0,450
7	0,212	0,381	0,300	0,450
8	0,214	0,360	0,320	0,450
9	0,215	0,339	0,340	0,450
10	0,217	0,318	0,360	0,450
11	0,219	0,297	0,380	0,450
12	0,220	0,276	0,400	0,450
13	0,222	0,255	0,420	0,450
14	0,223	0,235	0,440	0,450
15	0,232	0,232	0,467	0,467
16	0,249	0,249	0,500	0,500
17	0,266	0,266	0,533	0,533
18	0,282	0,282	0,567	0,567

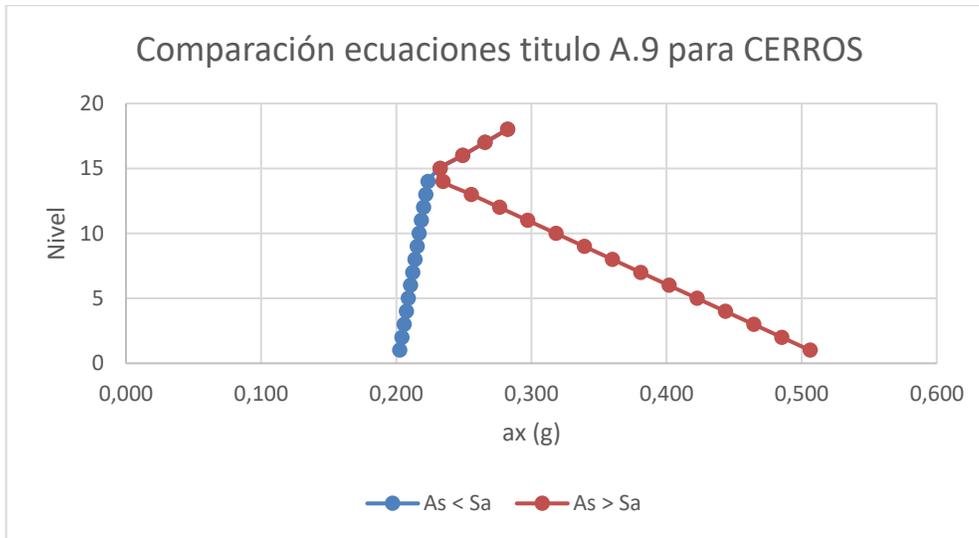


Figura 23 Comparación ecuaciones título A.9 para CERROS, desarrollada por el autor

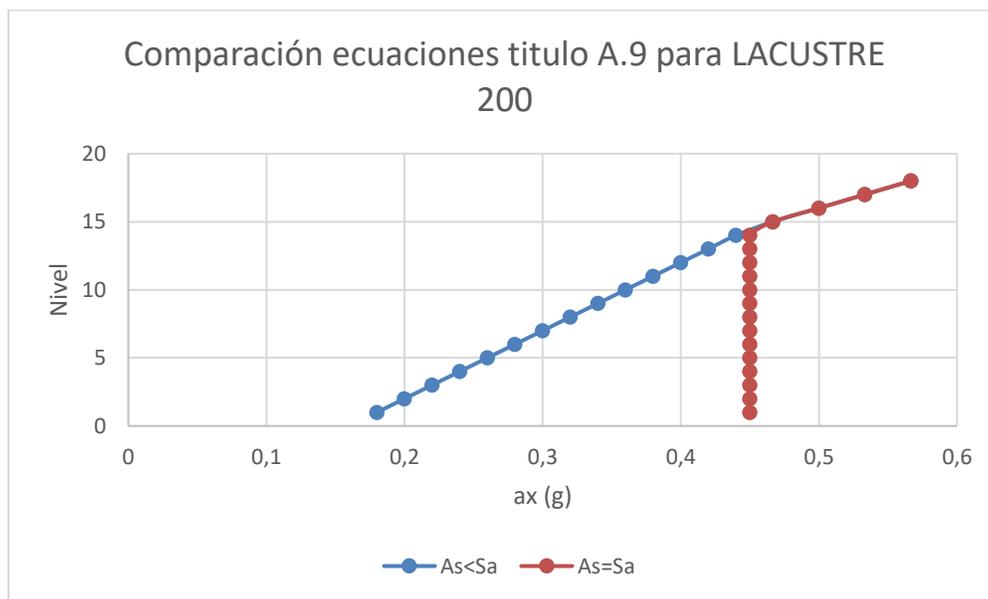


Figura 24 Comparación ecuaciones título A.9 para LACUSTRE 200, desarrollada por el autor

Como se puede evidenciar, la zona en donde se encuentre ubicado la estructura juega un rol muy importante en el funcionamiento de las ecuaciones para obtener la aceleración a_x . La diferencia radica en la relación entre A_s y S_a . A pesar de ser la misma estructura, el espectro de pseudo-aceleración varía dependiendo de los coeficientes sísmicos obtenidos del capítulo A.2 de la NSR-10. Debido a lo anterior, en la zona Cerros se presenta el caso en que el valor de A_s tomado en la meseta del espectro de pseudo-aceleración supera el valor de S_a y por lo tanto, se evidencia que la aceleración disminuye a medida que se incrementa la altura. Por otro lado, para la zona Lacustre 200, el valor de A_s tomado en la meseta es igual al valor de S_a y por lo tanto se presenta un comportamiento uniforme a medida que se incrementa la altura hasta llegar al límite en donde la altura a evaluar es igual al 75% de la altura total de la estructura.

En conclusión, es importante realizar el análisis de las fuerzas que resisten los elementos no estructurales para poder determinar coherentemente la cantidad de refuerzo necesaria en la altura a evaluar.

7.2 Análisis de costos

En esta sección se revisará el impacto económico que tuvo la evaluación de elementos no estructurales en los proyectos (casos) evaluados en la presente investigación.

7.2.1 Revisión de la variación del costo para un nivel

A continuación, se observa una tabla donde tomando como base los precios de la revista construdata se especifica el costo total para la construcción de una dovela en unidades:

Tabla 36 Análisis de costos basado en la revista Construdata edición 174 mayo de 2015, elaborada por el autor

Costo de dovelas por unidad			UN	
Descripción	Unidad de medida	Rendimiento	Valor unitario	Valor Total
Dovela	ML	2,4	\$16.503,00	\$39.607,20
Anclaje epóxico	UN	2	\$2.600,00	\$5.200,00
Acero de refuerzo (diámetro 3/8" + 2 anclajes)	KG	1,7304	\$4.551,00	\$7.875,05
		TOTAL		\$52.682,25

Con base en el resultado obtenido se puede definir que el costo total de la unidad de dovela es de \$52.682,25.

Atendiendo las consideraciones planteadas en la metodología, se evaluará uno de los casos donde se tenga la longitud del perímetro; por esta razón se elige el proyecto Segal, el cual es de 1,42 m. En las zonas donde se tienen antepechos. Para este caso teniendo en cuenta lo planteado en la metodología “ingeniería de valor” se determinan cuáles son los resultados que se pueden utilizar.

Tabla 37 Cálculo del perímetro en m para el proyecto Segal, elaborada por el autor

Descripción	Cantidad	Um
Longitud	142	M
Cantidad de pisos	17	Niveles
Total	2414	M

En el proyecto Segal el diseñador de elementos no estructurales especifico que la separación del refuerzo es de 1,2 m. Sin embargo, al revisar la propuesta en el diseño de elementos no estructurales el refuerzo vertical se encuentra cada 2,10 m, por lo tanto, se pueden resumir los resultados en el siguiente análisis:

Tabla 38 Evaluación económica de costos elaborado por el autor

Separación de elementos verticales (m)	Evaluación	Cantidad de dovelas (un)	Costo total
1,2	Diseño P&D	2012	\$105.996.687,80
2,1	Diseño Metodología	1150	\$60.584.587,96

7.2.2 Revisión de la variación del costo al diseñar a 1/3 de la altura

En este caso se tomará uno de los proyectos y se calculara el costo que tiene realizar la construcción de los elementos no estructurales con los valores obtenidos en el diseño de la cubierta que es el escenario más crítico por los valores obtenidos de ax.

Una de las propuestas establecidas es la de realizar el diseño para cada tercio de la altura del edificio, con el fin de optimizar la disposición de los materiales sin afectar la correcta supervisión por parte de los profesionales que revisan la construcción del proyecto, según lo establecido en la resolución 017 del 2017 y el decreto 0945 de 2017.

Se elige el proyecto Sotavento mediterráneo para este ejercicio, en la siguiente tabla se observa cual es el valor con el que se diseñan los elementos de cubierta:

Tabla 39 Costo del diseño de elementos no estructurales en todos los pisos con el escenario de cubierta, elaborado por el autor.

Diseño del refuerzo vertical aproximado para elementos no estructurales SOTAVENTO									
Nivel	ax (g)	Fp (ton/m ²)	Mp (ton-m/m)	Área acero (cm ²)	# Barra	Separación requerida (m)	Separación de diseño (m)	Cantidad dovelas * piso	Costo/piso
12,00	0,55	0,20	0,14	0,57	#3	1,26	1,20	119,00	\$ 3.120.946
TOTAL								1428	\$ 37.451.356

Ahora bien, teniendo en cuenta que el proyecto tiene 12 niveles se realiza el siguiente análisis agrupándolos de la siguiente forma: del piso 1 al 4, del piso 5 al 8 y del 9 al 12.

Diseño del refuerzo vertical aproximado para elementos no estructurales SOTAVENTO										
Nivel	ax (g)	Fp (ton/m ²)	Mp (ton-m/m)	Area acero (cm ²)	# Barra	Separación requerida (m)	Separación de diseño (m)	Cantidad dovelas * piso	Costo/piso	Agrupando
1	0,18	0,06	0,05	0,19	#3	3,849	2,4	60	\$ 1.573.586	\$ 1.573.586
2	0,21	0,08	0,05	0,22	#3	3,299	2,4	60	\$ 1.573.586	\$ 1.573.586
3	0,24	0,09	0,06	0,25	#3	2,887	2,4	60	\$ 1.573.586	\$ 1.573.586
4	0,27	0,10	0,07	0,28	#3	2,566	2,4	60	\$ 1.573.586	\$ 1.573.586
5	0,30	0,11	0,08	0,31	#3	2,309	2,3	62	\$ 1.626.039	\$ 2.203.021
6	0,33	0,12	0,09	0,34	#3	2,099	2	71	\$ 1.862.077	\$ 2.203.021
7	0,36	0,13	0,09	0,37	#3	1,924	1,9	75	\$ 1.966.983	\$ 2.203.021
8	0,39	0,14	0,10	0,40	#3	1,776	1,7	84	\$ 2.203.021	\$ 2.203.021
9	0,42	0,15	0,11	0,43	#3	1,649	1,6	89	\$ 2.334.153	\$ 3.120.946
10	0,45	0,16	0,12	0,46	#3	1,539	1,5	95	\$ 2.491.512	\$ 3.120.946
11	0,50	0,18	0,13	0,51	#3	1,386	1,3	110	\$ 2.884.908	\$ 3.120.946
12	0,55	0,20	0,14	0,57	#3	1,260	1,2	119	\$ 3.120.946	\$ 3.120.946
TOTAL								945	\$ 24.783.986	\$ 27.590.215

7.3 Análisis de proyectos

7.3.1 Segal

En el proyecto Segal se presenta un error al calcular la demanda de cortante para los elementos no estructurales correspondientes a la fachada. El error radica en el uso de la fórmula para un elemento apoyado en un extremo, cuando el elemento a analizar se encuentra simplemente apoyado. Este error conduce a que el diseño se realice para el doble del cortante de diseño y por ende, se necesite más refuerzo de lo requerido.

A pesar de lo anterior, el procedimiento realizado por el diseñador de elementos no estructurales es coherente con la metodología planteada en la presente investigación para el diseño y comprobación de estos elementos.

7.3.2 Alameda

Las memorias de cálculo de Alameda utilizan un procedimiento distinto al utilizado en la presente investigación, no obstante, se observan ciertas inconsistencias. En primera instancia, se observó un error en el cálculo de la fuerza sísmica de diseño “Fp”. En la NSR-10, se estipula que dicho valor debe ser calculado de la siguiente manera:

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

Al sustituir los valores de a_x , a_p , R_p y W_m presentados en la memoria de cálculo en estas ecuaciones, se presentan discrepancias con los resultados reportados.

Tabla 40 Error cálculo fuerza sísmica de diseño proyecto Alameda, elaborada por el autor

Parámetros	Mampostería reforzada apoyada abajo
ax	0.45
ap	2.5
Rp	1.5
Wm (ton/m)	0.17
Aa	0.15
l	1
Fp (1)	0.1275
Fp (2)	0.0095625
Fp diseño	0.1275
Fp memoria de calculo	0.067
Error	47%

En segunda instancia, se debe recalcar que para los muros divisorios de altura total presentados en el proyecto resultan ser conservadores comparados con los resultados obtenidos con el programa realizado para este documento. La separación reportada en la memoria de cálculo de Alameda es de una varilla #3 separada cada 1.16 metros, mientras que en el programa con el refuerzo mínimo estipulado en la normativa colombiana cumple a cabalidad con las fuerzas que debe soportar el elemento no estructural.

En tercera instancia, para el cálculo de mampostería reforzada apoyada abajo se observa un resultado completamente opuesto al anterior. En este caso, las memorias de cálculo de Alameda reportan un refuerzo con varilla #3 cada 2,71 metros. Por otro lado, el resultado obtenido con el programa es de 1,41 metros, lo cual es una diferencia significativa y puede llegar a generar fallas en el comportamiento de dichos elementos.

Tabla 41 Comparación de resultados proyecto Alameda, elaborada por el autor

Elemento	Separación Programa (m)	Separación Memoria de cálculo (m)	Error (%)
Muros divisorios de altura total	2.4	1.16	52%
Mampostería reforzada apoyada abajo	1.41	2.71	92%

Por último, cabe mencionar que en las memorias de cálculo de alameda no se presenta la verificación de las demandas de cortante.

7.3.3 Park Living

En las memorias de cálculo de los elementos no estructurales del proyecto Park Living se evidencia un buen desarrollo, no obstante, no se busca optimizar el refuerzo resultante. El caso más evidente resulta ser el caso de los elementos en voladizo vertical para la fachada en cubierta, en el cual se puede observar un refuerzo con varillas # 3 cada 0.38 metros. A pesar de que matemáticamente, este resultado es totalmente válido, no es un resultado que se pueda llevar a cabo desde el punto de vista constructivo y por lo tanto, se debería optar por incrementar el diámetro del acero de refuerzo.

Además, se observa un error de impresión de resultados en sus memorias de cálculo. Este error radica en el orden de magnitud de la cuantía requerida calculada.

De manera similar al proyecto Segal, hay un error en la fórmula empleada para el cálculo de la demanda de cortante en los elementos correspondientes a los parapetos. No obstante, debido a este error, los parapetos de este proyecto se diseñaron para la mitad de la demanda de cortante al suponer que era un elemento simplemente apoyado, encontrándose en voladizo. Lo anterior, podría generar problemas e incluso el colapso de los mismo.

7.3.4 Brisas de invierno

Para empezar, se debe destacar que no se menciona el tipo de elemento no estructural, pero de acuerdo con la altura y el esquema que se presenta en la memoria del cálculo del proyecto Brisas de Invierno se infiere que se está realizando el análisis para muros divisorios de altura parcial o elementos en voladizo vertical. Para cualquiera de estas categorías la NSR-10 estipula un coeficiente de amplificación dinámica de 2.5 y un tipo de anclaje de húmedos ($R_p=0.5$) y no dúctiles ($R_p=1.5$) para muros divisorios de altura parcial y elementos en voladizo respectivamente. Los valores presentados en la memoria de cálculo son para el coeficiente de amplificación dinámica A_p equivalente a “1” y para el coeficiente de disipación de energía R_p igual a “2”. Para el coeficiente R_p se podría justificar que se está siendo conservador, sin embargo, para el valor del coeficiente de amplificación dinámica si se estuviese cometiendo un grave error, ya que estaría calculando la fuerza de diseño 2.5 veces menor a la calculada. Esto podría ocasionar errores en el cálculo del refuerzo final y generar alteraciones en el correcto funcionamiento del elemento no estructural.

7.3.5 Balcony 85

La metodología utilizada en la memoria de cálculo de Balcony 85 es similar a la del proyecto Alameda sexta etapa, no obstante, no se encuentran errores en el cálculo de la fuerza sísmica de diseño y se presentan datos coherentes con respecto al refuerzo final de diseño.

Tabla 42 Comparación de resultados proyecto Balcony 85, elaborada por el autor

Elemento	Separación Programa (m)	Separación Memoria de cálculo (m)	Error (%)
Mampostería reforzada arriba y abajo	2.4	2.31	0.0375
Mampostería reforzada apoyada abajo	2.45	2.45	0

7.3.6 Sotavento Mediterráneo

En la memoria de cálculo del proyecto Sotavento Mediterráneo se realizó el diseño del tipo de elemento correspondiente a Muros divisorios y particiones – muros divisorios de altura total. En este proyecto se observó una diferencia en la elección del coeficiente de disipación de energía R_p . Debido a que el grado de desempeño del elemento es de categoría “bajo”, la NSR-10 recomienda utilizar un tipo de anclaje correspondiente a la categoría húmedo. A pesar de esto, el diseñador optó por utilizar un anclaje de tipo no dúctil correspondiente a un R_p de “1.5”. El procedimiento realizado posteriormente se encuentra bien realizado y cumple con los requerimientos de la norma sismorresistente colombiana.

7.3.7 127 Living

Al revisar el proyecto 127 living se observó que los valores reportados en la memoria de cálculo del proyecto coinciden con los valores calculados mediante el programa de diseño de elementos no estructurales, por lo que se puede concluir que dicho procedimiento se encuentra con un adecuado análisis estructural de elementos y coeficientes evaluados.

No obstante, cabe mencionar que para los elementos no estructurales que se encuentran bajo la categoría de Elementos en voladizo vertical: áticos, parapetos, antepechos y chimeneas se presenta una leve diferencia; en el cálculo de la distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo a tracción “d”. La memoria de cálculo de 127 Living supone esta distancia a partir de un recubrimiento de 3 cm del borde del elemento, mientras que el programa asume esta distancia hasta la mitad del ancho del bloque de mampostería.

7.3.8 Casa Chico

En la memoria de cálculo del proyecto Casa Chico se realizó el diseño del tipo de elemento correspondiente a Muros divisorios y particiones – muros divisorios de altura total. Al momento de evaluar el elemento se observó una diferencia en la selección del coeficiente de disipación de energía R_p . De acuerdo con la tabla A.9.5-1 de la norma sismorresistente colombiana (NSR-10), se estipula un tipo de anclaje correspondiente a la categoría de anclaje húmedo; para un grado de

desempeño “bajo”, el cual corresponde al valor tomado por el programa de diseño de elementos no estructural. Aun cuando el coeficiente sugerido en la NSR-10 corresponde a la categoría de anclaje húmedos, el diseñador de elementos no estructural del proyecto decidió usar una mejor categoría en su diseño.

8. Conclusiones y recomendaciones

- Una vez desarrollada la metodología, y al aplicarla a los proyectos que fueron el objeto de análisis se puede concluir que los criterios establecidos en la NSR-10 título A no son suficientes para el diseño y comprobación de los mismos, debido a la falta de elementos tales como separación máxima en el mismo plano del muro, refuerzo horizontal, entre otros. Por lo anterior se puede establecer que la etapa de diseño del programa depende directamente de la NSR-10 y la etapa de comprobación depende de las líneas de investigación estudiadas para el desarrollo del programa.
- Se puede establecer que para la evaluación de los casos es necesario contar con la información general del proyecto como:
 - Ubicación general.
 - Planimetría y cortes de fachada que permitan establecer la altura del edificio.
 - Información de geotecnia o estudio de suelos - Zona de microzonificación sísmica o tipo de suelo
 - Memorias de cálculo que cuenten con la información del análisis dinámico de la estructura, aunque con el desarrollo parametrizado del programa este procedimiento es ejecutado dentro de la metodología.
- Para la construcción del programa fue necesario aumentar el número de casos propuesto con el fin de encontrar distintos elementos que permitieran llevar a cabo la parametrización correcta para el análisis de los datos recuperados en las memorias de cálculo de los diseñadores, por tal motivo se utilizaron los 8 proyectos.
- La ubicación de los proyectos es fundamental para el correcto análisis de las ecuaciones específicamente para obtener S_a . La diferencia radica en la relación entre A_s y S_a . A pesar

de ser la misma estructura, el espectro de pseudo-aceleración varía dependiendo de los coeficientes sísmicos obtenidos del capítulo A.2 de la NSR-10. Debido a lo anterior, en la zona Cerros se presenta el caso en que el valor de A_s tomado en la meseta del espectro de pseudo-aceleración supera el valor de S_a y, por lo tanto, se evidencia que la aceleración disminuye a medida que se incrementa la altura. Lo cual no es coherente teniendo en cuenta que la aceleración máxima se obtendrá donde el valor de h_x sea el máximo posible.

- Por otro lado, para la zona Lacustre 200, el valor de A_s tomado en la meseta es igual al valor de S_a y por lo tanto se presenta un comportamiento uniforme a medida que se incrementa la altura hasta llegar al límite en donde la altura a evaluar es igual al 75% de la altura total de la estructura.

En conclusión, es importante realizar el análisis de las fuerzas que resisten los elementos no estructurales para poder determinar coherentemente la cantidad de refuerzo necesaria en la altura a evaluar.

- Se puede establecer que, al aplicar adecuadamente el análisis metodológico para el diseño y comprobación de elementos no estructurales propuesto en esta investigación, el impacto en el costo para la construcción de columnetas esta por el orden de un 43% (valor aproximado) de ahorro, al compararlo con el propuesto en el proyecto Segal por el diseñador.
- Del punto anterior también es importante mencionar que el impacto como lo menciona Elkington (1998), no es solo económico sino también medio ambiental pues la reducción en los materiales que se utilizarían en el proyecto Segal esta por el orden del 43%, en la producción de acero y mortero.
- Se propone realizar la evaluación de los elementos estructurales cada tercio de la altura de las edificaciones, con el fin optimizar costos y materiales son dejar de lado la calidad de los elementos, como es lo propuesto por Ilayaraja y Zafar Eqyaabal (2015). Es por esto que al realizar este ejercicio se puede establecer que para el proyecto Sotavento Mediterráneo el impacto económico es del 26%. La propuesta de generalizar la evaluación para cada tercio de la altura es fundamentada también con el adecuado control por parte de los profesionales que realizan el control de estos elementos, pues al tener varios frentes de

trabajos con distintas separaciones puede generar confusiones en el personal que lleva a cabo la construcción de dichas actividades.

A medida que se optimizan los diseños se deben reforzar los mecanismos de supervisión, incluso con la ventaja económica, socializada anteriormente; es conveniente mencionar que el constructor puede evaluar la opción de reforzar los equipos que se encargan de control y liberación para estos elementos y en general para el proyecto.

- Al revisar el diseño de las columnetas para la mampostería confinada, al igual que en el diseño de vigas simplemente apoyadas, el área de refuerzo requerida se realiza con el cálculo a flexión del elemento, lo que significa que, si esta es solo para una varilla, al confinar el elemento es necesario colocar una segunda de tipo constructivo; la cual mejoraría la resistencia perpendicular al plano de falla
- A partir del capítulo A.9 de la NSR-10 no se pueden comprobar todos los requerimientos para el diseño de los elementos no estructurales, por ende, se deben tener en cuenta las consideraciones del Título D, como separación máxima permitida, refuerzo mínimo horizontal y lineamientos para el diseño a flexión, cortante y conectores de dichos elementos
- Se utiliza A_{mv} en vez de A_e (en la dirección perpendicular al plano de falla) debido a que se debe despreciar el mortero de pega de la cara de contacto horizontal por la dificultad de llenar adecuadamente todas las paredes del material (celdas en la perforación vertical) según D.5.4.5.1
- La interpretación de las fórmulas y los coeficientes de diseño de elementos no estructurales es fundamental para el adecuado comportamiento de los materiales que conforman dichos elementos, por lo tanto es indispensable que se realicen las verificaciones pertinentes, y en el caso de no contar con la información suficiente se pueden utilizar valores que se conocen bien sea en otro título de la NSR-10 o la ACI 318; siempre y cuando estos se encuentren soportados con el correcto análisis estático y dinámico.

- Se puede establecer que los elementos en voladizo como áticos, antepechos, parapetos y chimeneas cuentan con mayor cantidad de refuerzo por estar apoyados solo en uno de sus extremos, por tal razón la revisión de cortante y el cálculo del anclaje deben ser muy precisos puesto que un error en estos diseños puede generar graves problemas en el momento del sismo.
- Cada diseñador cuenta con la libertad para establecer el criterio final del análisis de elementos no estructurales, sin embargo, se recomienda que este diseño se encuentre sustentado en las memorias de cálculo, ya que estos procedimientos deben estar sustentados, además como se mencionó desde el inicio del documento por tratarse de una investigación en construcción, es conveniente evaluar factores como: impacto económico, medioambiental, tiempo y calidad de los mismos.
- Para todos los participantes del proceso de evaluación diseño y comprobación de elementos no estructurales es necesario contar con herramientas que permitan corroborar que el procedimiento propuesto en las memorias de cálculo es el sugerido por el reglamento

8.1 Recomendaciones y Futuras líneas de investigación

- Con el fin de mantener el vínculo de investigación con los aliados estratégicos de la presente investigación y en comunicación con el departamento de innovación de Ladrillera Santafé, basándose en los valores obtenidos para el diseño de elementos de fachadas se pueden establecer distintos mecanismos de anclaje con elementos metálicos que permitan mejorar las características físicas y mecánicas de los materiales con los que se construyen las fachadas

- Basados en la metodología de diseño VBA se puede adoptar un mayor alcance en el diseño, incorporando a este lenguaje extensiones de programas de autodesk que permita realizar la disposición de estos elementos mejorando la comunicación diseñador – constructor permitiendo disminuir la incertidumbre en la implantación de estos elementos en obra
- Con base en los valores revisados anteriormente se pueden definir criterios para el diseño de elementos no estructurales con otros elementos arquitectónicos como dry wall, super board, ventanería, estantería, entre otros. Dichos elementos están contemplados en el título A del reglamento y reforzaría el conocimiento que se tiene en el país al respecto

9. Glosario

Elementos no estructurales: Son todos aquellos elementos que no forman parte del sistema estructural, es decir que no están diseñados para soportar cargas. Dichos elementos se pueden clasificar como las estanterías, cuyo tratamiento deberá ser como el de sistemas estructurales, los cuales pueden hacer parte de la estructura de la edificación, o ser un sistema estructural independiente de la estructura de la edificación donde se alojan. NSR-10.

Ingeniería de Valor: Metodología utilizada para analizar los bienes y servicios puestos en el desarrollo de un proyecto de construcción, buscando el costo total más bajo sin reducir modificar la calidad de los materiales o el producto (Ilayaraja & Zafar Eqyaabal, 2015).

Colapso: Deformación o destrucción brusca de un cuerpo por la acción de una fuerza RAE.

Patología: Especialidad dentro de la tecnología que, estudia las alteraciones que se producen en el estado ideal del equilibrio, de funcionamiento o de servicio en un edificio (Zanni, Enrique, 2008).

Lesiones: Toda alteración que tiene lugar afectando el estado de servicio del objeto arquitectónico (Zanni, Enrique, 2008).

Resistencia: Capacidad que tiene un cuerpo de someterse a los esfuerzos

Rigidez: Capacidad de un material de oponerse a las deformaciones

CAPITULO A.2 ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

A_v = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

F_a = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.

F_v = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

I = coeficiente de importancia definido en A.2.5.2

S_a = valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración T . Está definido en A.2.6.1.

T = período de vibración del sistema elástico, en segundos.

T_C = período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo. (Véase A.2.6).

T_L = período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para períodos largos. (Véase A.2.6).

T_0 = período de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones,

CAPITULO A.4 MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

C_t = coeficiente utilizado para calcular el período de la estructura, definido en A.4.2.2.

α = exponente para ser utilizado en el cálculo del período aproximado T_a . Véase A.4.2.2.

T_a = periodo de vibración fundamental aproximado.

CAPITULO A.9 - ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

A_p = coeficiente de amplificación dinámica del elemento no estructural. Se da en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1.

A_x = aceleración horizontal, expresada como un porcentaje de la aceleración de la gravedad, sobre el elemento no estructural, localizado en el piso x

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

h_{eq} = altura equivalente del sistema de un grado de libertad que simula la edificación, véase A.9.4.2.1.

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

M_p = masa del elemento no estructural.

R_p = coeficiente de capacidad de disipación de energía del elemento no estructural y su sistema de soporte. Se da en las tablas A.9.5-1 y A.9.6-1.

CAPÍTULO D.5 - REQUISITOS GENERALES DE ANÁLISIS Y DISEÑO

A_e = área efectiva de la sección de mampostería, mm^2 . Véase D.5.4.1.

A_{mv} = área efectiva para determinar esfuerzos cortantes, mm^2 . Véase D.5.4.5.

A_{se} = área efectiva de refuerzo en tracción, mm^2 .

b = Ancho efectivo de la sección.

t = Espesor efectivo de la sección para evaluar efectos del pandeo.

h_l = altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo, mm . Véase D.5.4.3.

d = distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción, mm .

d' = distancia desde el centroide del refuerzo en compresión flexión hasta la fibra extrema en compresión.

F'_y = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo.

f'_m = Resistencia nominal a compresión de la mampostería.

f'_{cr} = resistencia especificada a la compresión del mortero de pega.

f'_{cp} = resistencia especificada a la compresión del mortero de relleno.

R_e = Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión.

P_n = Resistencia nominal a carga axial.

P_u = Resistencia solicitada de diseño a carga axial.

M_n = Resistencia nominal a flexión.

V_n = Fuerza cortante resistente nominal del muro.

V_u = Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro.

S = separación del refuerzo de cortante medida a lo largo del eje vertical del muro

ϕ = Coeficiente de reducción de resistencia

P = cuantía de refuerzo a tracción por flexión.

P_b = cuantía correspondiente a las condiciones de flexión balanceada.

Otros

BIM: Por sus siglas en inglés Building Information Modeling, consiste en la recopilación e interacción de un proyecto constructivo en un modelo virtual en 3D (López, 2016)

LEAN: Término inglés que traduce al español “sin pérdidas, inicia en 1990 por un grupo de investigadores del MIT, enfocado inicialmente en la eficiencia del sistema operacional de Toyota (Orihuela, 2011)

10. **Anexos**

Para los anexos se incluirán los soportes que se tienen de los elementos no estructurales registrados en la curaduría urbana No. 3. Sin embargo, de acuerdo al compromiso establecido con los arquitectos encargados de la revisión de proyectos no se incluirán los detalles de elementos no estructurales ni los diseños arquitectónicos de plantas y fachadas.

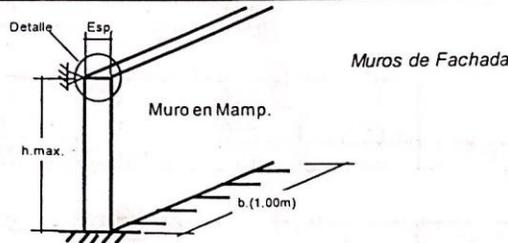
Segal

MEMORIA DE CÁLCULO
<2622> SEGAL



DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

GRADO DE DESEMPEÑO	BAJO	GRUPO DE USO	I
--------------------	------	--------------	---



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

$h_{max. muro}$ m	b_{muro} m	$Esp. muro$ m	d m	$\gamma_{mamp.}$ ton/m ³	$f'm$ kg/cm ²	f_y kg/cm ²
3.00	1.00	0.115	0.0575	1.3	100	4200

Condiciones de apoyo:

a_p	1.0
R_p	1.5

Detalle Fachada en mampostería reforzada separada lateralmente de la estructura, apoyada arriba y abajo.

Nivel	Nombre	$Fx_i(t)$	$Fy_i(t)$	$W_i(t)$	ax_i	ay_i
21	CUBIERTA	254.94	260.45	544.51	0.4682	0.4783
20	PISO17	299.53	306.34	690.14	0.4340	0.4439
19	PISO16	277.09	283.73	691.59	0.4007	0.4103
18	PISO15	254.61	261.03	691.57	0.3682	0.3774
17	PISO14	232.76	238.94	691.57	0.3366	0.3455
16	PISO13	211.54	217.46	691.57	0.3059	0.3144
15	PISO12	190.98	196.62	691.57	0.2762	0.2843
14	PISO11	171.77	177.13	694.3	0.2474	0.2551
13	PISO10	154.35	159.45	702.61	0.2197	0.2269
12	PISO9	136.33	141.09	706.21	0.1930	0.1998
11	PISO8	118.74	123.15	708.83	0.1675	0.1737
10	PISO7	101.51	105.52	708.97	0.1432	0.1488
9	PISO6	86.25	89.89	718.18	0.1201	0.1252
8	PISO5	71.19	74.41	723.82	0.0984	0.1028
7	PISO4	56.49	59.24	723.82	0.0780	0.0818
6	PISO3	42.92	45.19	723.82	0.0593	0.0624
5	PISO2	65.66	69.49	1553.23	0.0423	0.0447
4	PISO1	28.28	30.33	1665.81	0.0170	0.0182
3	SOTANO1	9.65	10.51	1572.04	0.0061	0.0067

MEMORIA DE CÁLCULO
 <2622> SEGAL



$$F^* = w^* \cdot a_v \cdot \frac{l}{R_p} \cdot a_p$$

$w^*(\gamma_{wto} \cdot esp.) =$	0.150	ú/m ²
$F^* =$	0.048	ú/m

Ref. Parte Inferior del Muro	Coefficiente w^2 / γ	M_{ultimo} ton-m/m	ρ	A_s cm ²	Refuerzo
	8	0.054	0.0004	0.25	Mínimo para
Ref. Parte Superior del Muro	Coefficiente w^2 / γ	M_{ultimo} ton-m/m	ρ	A_s cm ²	Refuerzo
(a 5/8 de lras.)	14	0.030	0.0002	0.14	Mínimo para Mampostería Parcialmente Reforzada

Revisión Cortante	V_u (t)	ρ_v (Kg/cm ²)	$\phi_s m$ (Kg/cm ²)	No Requiere Refuerzo a Cortante
	0.14	0.29	4.51	

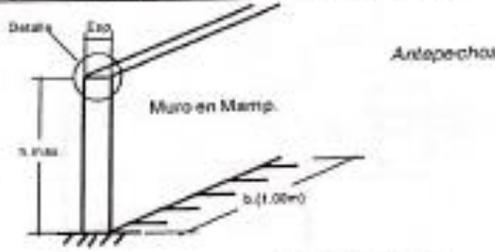
Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada: 7#3 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.80m

MEMORIA DE CÁLCULO
 <2622> SEGAL



DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

GRADO DE DESEMPEÑO	BAJO	GRUPO DE USO	I
--------------------	------	--------------	---



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

$h_{max. muros}$ m	b_{muros} m	Esp. muros m	d m	f_{comp} ton/m ³	f_m kg/cm ²	f_y kg/cm ²
1.20	1.00	0.115	0.0575	1.3	100	4200

Condiciones de apoyo:	a_y	2.5
	R_y	1.5

Detalle	Elementos en voladizo vertical: áticos, parapetos, antepechos, chimeneas
---------	--

Nivel	Nombre	$F_{xj}(t)$	$F_{yj}(t)$	$W_j(t)$	α_{xj}	α_{yj}
21	CUBIERTA	254.94	260.45	544.51	0.4682	0.4783

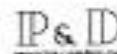
$$F^* = w^* \cdot a_x \cdot \frac{1}{R_y} \cdot a_y \quad w^* = (f_{comp} \cdot esp) = \frac{0.150}{0.119} \text{ t/m}^2$$

Ref. Parte inferior del Muro	Coefficiente w^2 / γ	$M_{ul,mo}$ ton-m/m	ρ	A_s cm ²	Refuerzo
	2	0.086	0.0007	0.40	1#3 1.77 c/c.
Ref. Parte Superior del Muro (a 5/8 de hmax.)	Coefficiente w^2 / γ	$M_{ul,mo}$ ton-m/m	ρ	A_s cm ²	Refuerzo
	-	-	-	-	1#3 1.77 c/c.

Revisión Cortante	V_u (t)	ρ_v (Kg/cm ²)	ϕ m	No Requiere Refuerzo a Cortante
	0.14	0.28	4.51	

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada: 1#3 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.80m

MEMORIA DE CÁLCULO <2622> SEGAL



1. GENERALIDADES

LOCALIZACIÓN

El proyecto **SEGAL** se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá D.C, en la dirección Carrera y N° 64-61.

NORMAS DE DISEÑO

- Ley 400 de 1997, y sus decretos reglamentarios :
 - Decreto 926 de 2010
 - Decreto 2525 de 2010
 - Decreto 92 de 2011
 - Decreto 340 de 2012
- Microzonificación Sísmica de Bogotá, Decreto 523 de 2010

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El proyecto arquitectónico fue desarrollado por la firma **CUSEZAR S.A.** a cargo de la arquitecta María Olga Isaza.

ESTUDIO DE SUELOS

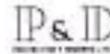
El estudio de suelos utilizado para los diseños estructurales fue ejecutado por la firma **LFO INGENIERIA DE SUELOS LTDA** a cargo del Ingeniero Luis Fernando Orozco, tiene fecha de Diciembre 13 de 2012 y consecutivo LFO 13711-1.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

El conjunto está conformado por un edificio de veintiun (21) pisos.

1. Número de Pisos 21
2. Cimentación: está conformada por caisson que trabajaran por punta y serán capaces de resistir el 100% de la carga de cada columna, estos se diseñarán para una capacidad de soporte de 100 T/m y estarán unidos mediante una red de vigas de amarre de 1.20m de altura.

MEMORIA DE CÁLCULO
<2622> SEGAL



ESPECTRO PARA LA MICROZONIFICACION SISMICA DE BOGOTA DECRET0 523 DE 2010

PROYECTO: SEGAL
 CODIGO: 2622

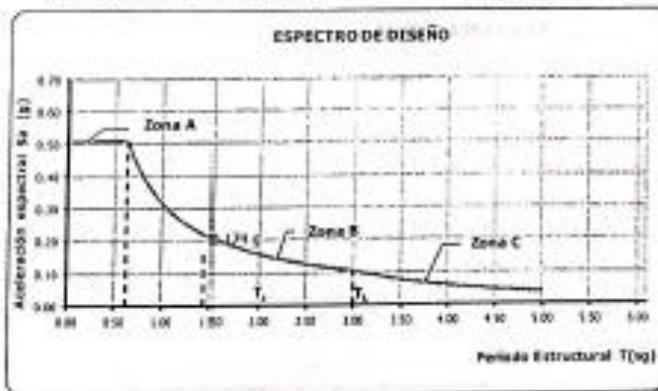
Ubicación del proyecto: CERROS
 SENTIDO X

- Periodo corto T_c : 0.62
- Periodo Largo T_L : 3.00
- Aceleración Horizontal Pico Efectiva de diseño A_d : 0.15
- Aceleración que representa la velocidad horizontal Pico Efectiva de diseño A_v : 0.20
- Aceleración Horizontal Pico Efectiva del terreno A_g : 0.18
- Factor de Amplificación de Aceleración F_a : 1.35
- Ftr. Amplif. Acel. Velocidades constantes F_v : 1.30
- Coefficiente de Importancia I : 1.00
- Altura edificios = 55.60 m
- $C_t = 0.045$
- $\alpha = 0.750$

Periodo Estructural $T_e = 0.045 \cdot (h_n)^{0.75} = 0.998 \text{ sg}$ $1.2T_e = 1.20 \text{ sg}$

Periodo Estructural $T_x = 1.435 \text{ sg}$

Zona de ubicación en el acelerograma: $T_c < T < T_L$



Zona A $S_a = 2.5A_g \cdot F_a \cdot I$

Zona B $S_a = (1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I) / T$

Zona C $S_a = (1.2 \cdot A_g \cdot F_a \cdot T_L \cdot I) / m^2$

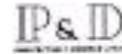
ZONA B $S_a = (1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I) / T$
 $S_a = 0.217 \text{ g}$

Para $T_e = 1.435 \text{ sg}$

Valor Espectral de Diseño al aplicar reducción permitida por análisis dinámico (Sec. A.5.4.5 NSR-10)

Coefficiente de Reducción = 0.8
 $S_d \text{ actual} = 0.174 \text{ g}$

MEMORIA DE CÁLCULO
 <2822> SEGAL



ESPECTRO PARA LA MICROZONIFICACION SISMICA DE BOGOTA - DECRETO 523 DE 2010

PROYECTO: SEGAL
 CODIGO: 2822

Ubicación del proyecto: CERROS
 SENTIDO Y

Periodo corto T_c : 0.62
 Periodo Largo T_L : 3.00
 Aceleración Horizontal Pico Efectiva de diseño A_d : 0.15
 Aceleración que representa la velocidad horizontal Pico Efectiva de diseño A_v : 0.20
 Aceleración Horizontal Pico Efectiva del terreno A_g : 0.18
 Factor de Amplificación de Aceleración F_a : 1.35
 Pr- Amplif. Acot. Velocidades constantes F_v : 1.30
 Coeficiente de Importancia I : 1.00
 Altura Edificio = 55.68 m
 $C_t = 0.049$
 $\alpha = 0.750$

Periodo Estructural $T_e = 0.049 \cdot (55.68)^{0.75} = 0.998 \text{ sg}$ $1.2T_e = 1.20 \text{ sg}$

Periodo Estructural $T_y = 1.392 \text{ sg}$

Zona de ubicación en el acelerograma

$T_e < T_c < T_L$



Zona A $S_a = 2.5A_g \cdot F_a \cdot I$

Zona B $S_a = (1.2 \cdot A_g \cdot F_a \cdot I) / T$

Zona C $S_a = (1.2 \cdot A_g \cdot F_a \cdot I) / T^2$

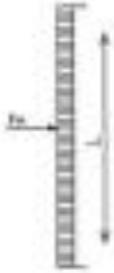
ZONA B $S_a = (1.2 \cdot A_g \cdot F_a \cdot I) / T$
 $S_a = 0.224 \text{ g}$

Para $T_e = 1.392 \text{ sg}$

Valor Espectral de Diseño al aplicar reducción permitida por análisis dinámico (Sec. A.5.4.5 MSR-10)

Coefficiente de Reducción = 0.8
 $S_{a \text{ reducida}} = 0.179 \text{ g}$

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES (NSR-10)



TIPO DE ELEMENTO: ESTADAJE

GRADO DE DESARROLLO: CONCRETO

$\mu = 1.5$
 $R_p = 1.5$
 $R_w = 0.75$ *ver tabla*

(1) $T_p = \mu \sqrt{R_p \cdot W_n} \leq (2) T_p = A_n \cdot C \cdot W_n$

Donde:

$A_n = \frac{W_n}{H_n}$
 $C = \frac{1}{1 + 0.005 H_n}$

$H_n = 21.85$ m
 $W_n = 22.82$ m
 $A_n = 1.05$ m
 $C = 0.480 - 0.150$

Hn puede reducirse al desplazamiento con 0.75 Hn

ANTES DEL ANALISIS SISMICO DEL EDIFICIO				
	Ra	R1	R2	R
	0.900	0.110	0.110	1.00

UTILIZANDO LA FORMULA (1) $T_p = 0.107$ *ver tabla*

UTILIZANDO LA FORMULA (2) $T_p = 0.151$ *ver tabla*

UTILIZANDO LA FORMULA (1)

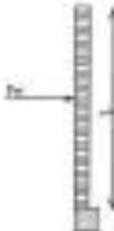
ANÁLISIS	$T_p = 0.15$	$\mu = 1.5$	\rightarrow	$T_p = 0.058$ <i>ver tabla</i>
REQUISITO	$T_p = 0.200$	$\mu = 1.5$	\rightarrow	$T_p = 0.051$ <i>ver tabla</i>
	$\mu = 1.5$	$\mu = 1.5$	\rightarrow	$\mu = 0.6122$
	$\mu = 0.15$	$\mu = 0.15$	\rightarrow	$\mu = 0.609$

COLOCAR VARILLA # 3 CADA 1.00 m



ESTRUCTURAS SEÑOR ESPINOZA
 INGENIERO CIVIL
 PATENTE N.º
 11001-3-18-02-09-15 con 2014
 15 FEB 2019

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES (NSR-10)



TIPO DE ELEMENTO: FRONTERAS

DE TABLA A-9: Material de concreto (NSR-10)

GRADO DE DISEÑO: 2000

$\alpha = 2.5$
 $\beta = 1.3$
 $W = 0.07$ NSR-10

(1) $F_p = \alpha \cdot R_p \cdot W \cdot S$ (2) $F_p = \beta \cdot I \cdot S \cdot W$

Datos:

h_p	21.13 m
h_q	21.80 m
h_r	21.80 m
h_s	24.00 - 0.00

h_p está sobre el nivel de acabado con 0.75 m.

DATOS DEL ANÁLISIS SISMICO DEL EDIFICIO							
				S_a	S_v	S_d	
				0.400	0.450	0.500	1.00

UTILIZANDO LA FORMULA (1) $F_p = 0.800$ tons

UTILIZANDO LA FORMULA (2) $F_p = 0.981$ tons

LLEGO $F_p = 0.981$ tons

ANÁLISIS

L_n	1.28 m	M_n	0.216 ton m
-------	--------	-------	-------------

DISEÑO

F_p	0.981 kg/m ²	A_p	8.56 cm ²
β	1.3	ρ	0.0053
α	2.5	γ	8.937

CLOCAR VARELA # 3 CADA 1.70 m.



ESTRUCTURAS DE INGENIERIA S.A.
BOYACACIÓN NO. 11001-3 19-02 03
178 122 22

Park Living

	NORMA DE RESISTENCIA SISMICA PARK LIVING - BOGOTÁ D.C.	
	MEMORIA DE CÁLCULO	
	ESTRUCTURA	TORRES 1

E. PARÁMETROS SÍSMICOS

Tabla 1. Parámetros sísmicos Generales

SUELO TIPO	I	PARAMETROS SÍSMICOS GENERALES
MICRO	latitud 200	
BOGOTÁ D.C.		
A_h	0.75	Coefficiente Aceleración horizontal pico efectiva
A_v	0.30	Coefficiente Velocidad horizontal pico efectiva
F_a	1.20	Amplificación que afecta la aceleración en periodos cortos
F_b	3.50	Amplificación que afecta la aceleración en periodos intermedios
$T_0 [s]$	0.30	Periodo de inicio de aceleraciones constantes
$T_c [s]$	1.80	Periodo corte
$T_L [s]$	4.00	Periodo largo

Tabla 2. Parámetros sísmicos Torres 1-2-3 14 pisos

ESTRUCTURA		TORRES 1-2-3. 14 PISOS
Grupo de uso	I	Clasificación de la estructura
	1.00	Coefficiente de importancia
Grado de desempeño	Bajo	Grado de desempeño requerido para los elementos No estructurales
$T_x [s]$	1.000	Periodo obtenido del análisis en X
$T_y [s]$	0.726	Periodo obtenido del análisis en Y
$S_a [g]$	0.4500	Valor espectral de aceleración de diseño

Tabla 3. Parámetros sísmicos Torres 4-5 16 pisos

ESTRUCTURA		TORRE 4-5. 16 PISOS
Grupo de uso	I	Clasificación de la estructura
	1.00	Coefficiente de importancia
Grado de desempeño	Bajo	Grado de desempeño requerido para los elementos No estructurales
$T_x [s]$	1.132	Periodo obtenido del análisis en X
$T_y [s]$	0.904	Periodo obtenido del análisis en Y
$S_a [g]$	0.450	Valor espectral de aceleración de diseño

	DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES FUNDACIONES - BOGOTÁ S.C.	
	MINISTERIO DE HACIENDA	
	COLOMBIA	BOGOTÁ

Tabla 4. Parámetros sísmicos SALON COMUNAL 1

ESTRUCTURA		SALON COMUNAL 1
Grupo de uso	I	Clasificación de la estructura
	1.00	Coefficiente de importancia
Grado de desempeño	Bajo	Grado de desempeño requerido para los elementos no estructurales
T _x [s]	0.188	Periodo obtenido del análisis en X
T _y [s]	0.320	Periodo obtenido del análisis en Y
S ₀ [g]	0.450	Valor espectral de aceleración de diseño

Tabla 5. Parámetros Sísmicos SALON COMUNAL 2-3-4

ESTRUCTURA		SALON COMUNAL 2-3-4
Grupo de uso	I	Clasificación de la estructura
	1.00	Coefficiente de importancia
Grado de desempeño	Bajo	Grado de desempeño requerido para los elementos no estructurales
T _x [s]	0.371	Periodo obtenido del análisis en X
T _y [s]	0.276	Periodo obtenido del análisis en Y
S ₀ [g]	0.450	Valor espectral de aceleración de diseño



	DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	
	FARI LUISA - BOGOTÁ D.C.	
	ARMADURA DE CÁLCULO	
	PROYECTO:	BOGOTÁ

Tabla 6. Parámetros sismicos TPE TORRES 1-2-3 14 PISOS

TORRES 1-2-3 14 PISOS				
PISO	h _a (m)	Mass piso [Ton]	F _i piso [Ton]	ax _i [g]
CUB	39.5	390.5	178.688814	0.971
14	37	355.8	497.006283	0.893
13	34.5	355.8	455.240768	0.818
12	32	356.6	438.250969	0.764
11	29.4	356.6	372.472782	0.668
10	26.9	356.6	333.178584	0.599
9	24.3	356.6	283.286676	0.527
8	21.8	356.6	255.944884	0.468
7	19.2	356.6	218.249478	0.380
6	16.8	356.6	181.83539	0.327
5	14.3	356.6	148.165876	0.284
4	11.8	356.6	115.988615	0.248
3	9	356.6	88.9626372	0.192
2	6.4	359.5	58.244983	0.099
1	3.8	897.8	48.1344266	0.051
SOT				0.075

	DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN EL PISO 10 - BOGOTÁ D.C.	
	Ministerio de Vivienda	
	10/01/2014	10/01/2014

Tabla 7. Parámetros sismos FRET Torres 4-5 16 pisos

TORRES 4-5, 16 PISOS				
PISO	hx (m)	Masa piso (Ton)	Ri piso (Ton)	ax i (g)
CUB	44.8	281.40	339.67357	1.207
16	42.3	357.00	445.905593	1.128
15	39.7	360.00	411.796444	1.037
14	37.2	367.00	375.57592	0.956
13	34.6	367.00	346.552663	0.873
12	32	360.00	314.20016	0.791
11	29.5	367.00	283.72389	0.715
10	27	360.00	253.89086	0.640
9	24.4	367.00	223.80448	0.568
8	21.9	367.00	195.288203	0.492
7	19.3	367.00	168.621694	0.420
6	16.8	367.00	143.067208	0.353
5	14.2	367.00	113.382396	0.289
4	11.6	367.00	87.9756428	0.222
3	9.1	367.00	64.8896991	0.185
2	6.6	445.30	48.6384758	0.129
1	3.8	721.50	39.4261963	0.055
SOT				0.075

Tabla 8. Parámetros sismos FRET Comercial 1

SALON COMERCIAL 1				
PISO	hx (m)	Masa piso (Ton)	Ri piso (Ton)	ax i (g)
CUB	4.2	198.00	88.11	0.430
1				0.075

Tabla 9. Parámetros sismos FRET Comercial 2-3-4

SALON COMERCIAL 2-3-4				
PISO	hx (m)	Masa piso (Ton)	Ri piso (Ton)	ax i (g)
CUB	6.84	53.00	39.67	0.754
PISO 2	3.54	282.6	356.27	0.290
1				0.075

	CENTRO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	
	PARK IVINO - BOGOTÁ D.C.	
	NOMBRE DE CÁLCULO	
	ESTRUCT.	NIVEL 14

7. DISEÑO DE MUROS NO ESTRUCTURALES

7.1. ELEMENTOS TORRES 1-3-3 14 PISOS

7.1.1. MUROS DE FACHADA MAMPOSTERÍA

PROYECTO: PARK IVINO
ESTRUCTURA: TORRES 1-3-3 14 PISOS
ELEMENTO: MURO DE FACHADA - PISO 1 A PISO 14

1. DESCRIPCIÓN

Ubicación del elemento: Fachada de Sotano a Piso 14
 Tipo de elemento: Mamp. Reforzada, separada lateralmente, apoyada arriba y abajo

ap =	1.00	
Grupo de uso:	I	I = 1.00
Grado de desempeño:	Bajo	Aa = 0.15
	No	
Anclaje mínimo requerido:	Dúctiles	
	No	
Anclaje de diseño:	Dúctiles	
Ra =	1.50	

2. GEOMETRÍA

h máximo (m)=	2.45
l mínimo (m)=	1.00
F ratio (m)=	0.32
d (m)=	0.06
b ancho columna (m)=	0.32
Pesa específico (Ton/m³)=	1.40
F _{cr} (MPa)=	12.5
f _y (MPa)=	430
W esuro (Ton/m³)=	0.168




	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARQUE IVARGO - BOGOTÁ, D.C.	
	MEMORIA DE CÁLCULO	
	CORREDORES	Módulo 1

3. DISEÑO DE ELEMENTOS		
3.1. FLEXIÓN		
M_{Ed} [Ton/m]	0.893	
$M_{Ed, max}$ [Ton/m]	0.150	
$M_{Ed, Ap/Ip}$ [Ton/m]	0.300	
Momento máximo M_{Ed} [Ton.m/m]	0.875	$W_{pl,y}$
		cm ³
cuantía requerida =	0.0051	
A_s [cm ²]	37	
Reforzamiento mínimo Mamp. Parcialmente Reforzada [cm ²]	39	
Ref. Vertical	1Ø12/ 1.84m	
Ref. Horizontal	2 Grafites 4.0cm c/0.60m	
3.2. CORTANTE		
Cortante actuante [Ton/m]	0.128	
Cortante en el conector V_u [Ton]	0.257	
Mayoración según A.S.4.10 =	1.33	
Constante de diseño [Ton]	0.315	
Conector	#3	
Cortante resistente [Ton]	1.80	OK



	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	
	SISTEMA DE CALIFICACIÓN	
	CURSOS	REVISIÓN

7.1.2. ANTEPECHOS MAMPOSTERIA

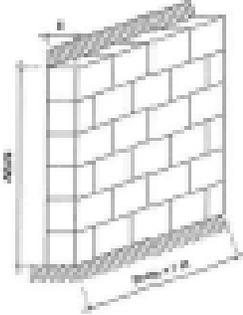
PROYECTO: PARK LIVING
ESTRUCTURA: TORRES 1-3-3 14 PISOS
ELEMENTO: ANTEPECHO DE FACHADA - PISO 1 A PISO 14

1. DESCRIPCIÓN

Ubicación del elemento: Fachada de SOTANO a Piso 14
 Tipo de elemento: Mamp. Reforzada, separada lateralmente, apoyada solo abajo
 $ap = 1.50$
 Grupo de uso: I $I_n = 1.00$
 Grado de desempeño: Bajo $A_d = 0.15$
 Anclaje mínimo requerido: No Dúctiles
 Anclaje de diseño: No Dúctiles
 $R_p = 1.50$

2. GEOMETRÍA

h máximo (m) = 1.00
 L muro (m) = 1.00
 h vano (m) = 0.12
 d (m) = 0.08
 b ancho columna (m) = 0.12
 Peso específico (Ton/m³) = 1.40
 f'_{or} (MPa) = 12.5
 f_y (MPa) = 420
 W muro (Ton/m²) = 0.168




	DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES PARA SISTEMAS DE MURDOS Y C.C.C.	
	SISTEMA DE CÁLCULO	
	CÁLCULO Y	REVISIÓN

3. DISEÑO DE ELEMENTOS		
3.1. FLEXION		
<i>q</i> (Ton/m)	0.253	
Fijación (Ton/m)	0.150	
Fijación Ag/Rg (Ton/m)	0.250	
Momento máxima fija (Ton.m/m)	0.138	W17x, <i>n</i> = 3
cantidad requerida =	0.8053	
As (mm ²) =	51	
Reinuerzo mínimo Minimp. Parcialmente Reforzada (mm ²) =	30	
Ref. Vertical	1Ø3c' 1.40m	
Ref. Horizontal	2 Ø3altes 4.0mms c/0.60m	
3.2. CORTANTE		
Cortante actuante (Ton/m)	0.131	
Cortante en el conector Va (Ton)	0.184	
Mayoración según A.S.A.10 =	1.33	
Cortante de diseño (Ton)	0.244	
Conector	#3	
Cortante resistente (Ton)	1.80	OK



	CÁLCULO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURADOS PARK LIVING - BOGOTÁ S.A.S.	
	MEMORIA DE CÁLCULO	
	02/03/21	Versión: 1

7.1.3. PARAPETOS DE CUBIERTA MAMPOSTERÍA

PROYECTO: PARK LIVING
ESTRUCTURA: TORRES 1-2-3 14 PISOS
ELEMENTO: PARAPETO DE FACHADA - CUBIERTA

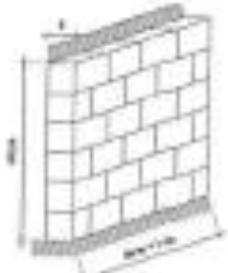
1. DESCRIPCIÓN

Utilización del elemento: Fachada en cubierta
 Tipo de elemento: Elemento en voladizo vertical

$ag = 2.50$
 Grupo de uso: I $h_w = 1.00$
 Grado de desempeño: Bajo $A_g = 0.15$
 Anclaje mínimo requerido: Dúctiles
 Anclaje de diseño: Dúctiles
 $g_p = 1.50$

2. GEOMETRÍA

h máximo (m) = 1.50
 l máximo (m) = 1.00
 E mínimo (m) = 0.12
 d (m) = 0.08
 b ancho columna (m) = 0.12
 Peso específico (Ton/m³) = 1.40
 F_y (MPa) = 32.5
 f_y (MPa) = 420
 W mínimo (Ton/m²) = 0.168




	MODELO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	
	Punto Curva) - (0002) S.A.S.	
	MEMORIA DE CÁLCULO	
	02/02/2021	REVISIÓN 1

5. DISEÑO DE ELEMENTOS		
5.1. FLEXION		
As (Ton) =	0.973	
Flexión (Ton/m) =	0.163	
Flexión Ap/Up (Ton/m) =	0.273	
Momento máximo Mu (Ton.m/m) =	0.348	WL ² /8 n = 2
cantidad requerida = 0.0037		
As (mm ²) =	188	
Reinforcement mínimo Max. Parcialmente Reinforced (mm ²) = 80		
Ref. Vertical	188 / 0.35m	
Ref. Horizontal	3 Grillas 4.8mm c/0.65m	
5.2. CORTANTE		
Cortante actual (Ton/m) =	0.218	
Cortante en el conector Via (Ton) =	0.982	
Mayoración según A.3.4.10 =	1.13	
Cortante de diseño (Ton) =	0.109	
Conector	83	
Cortante resistente (Ton) =	1.83	OK



CUADRO DE CONTROL						
Versión	Elaboró	Fecha	Revisó	Fecha	Aprobó	Fecha
0	FHO	02/01/2018	FHO			
1	FHO	28/05/2018	FHO			
2						
3						
4						

Versión	Descripción de la modificación
0	Emisión inicial
1	Modificaciones solicitadas por el revisor
2	
3	
4	



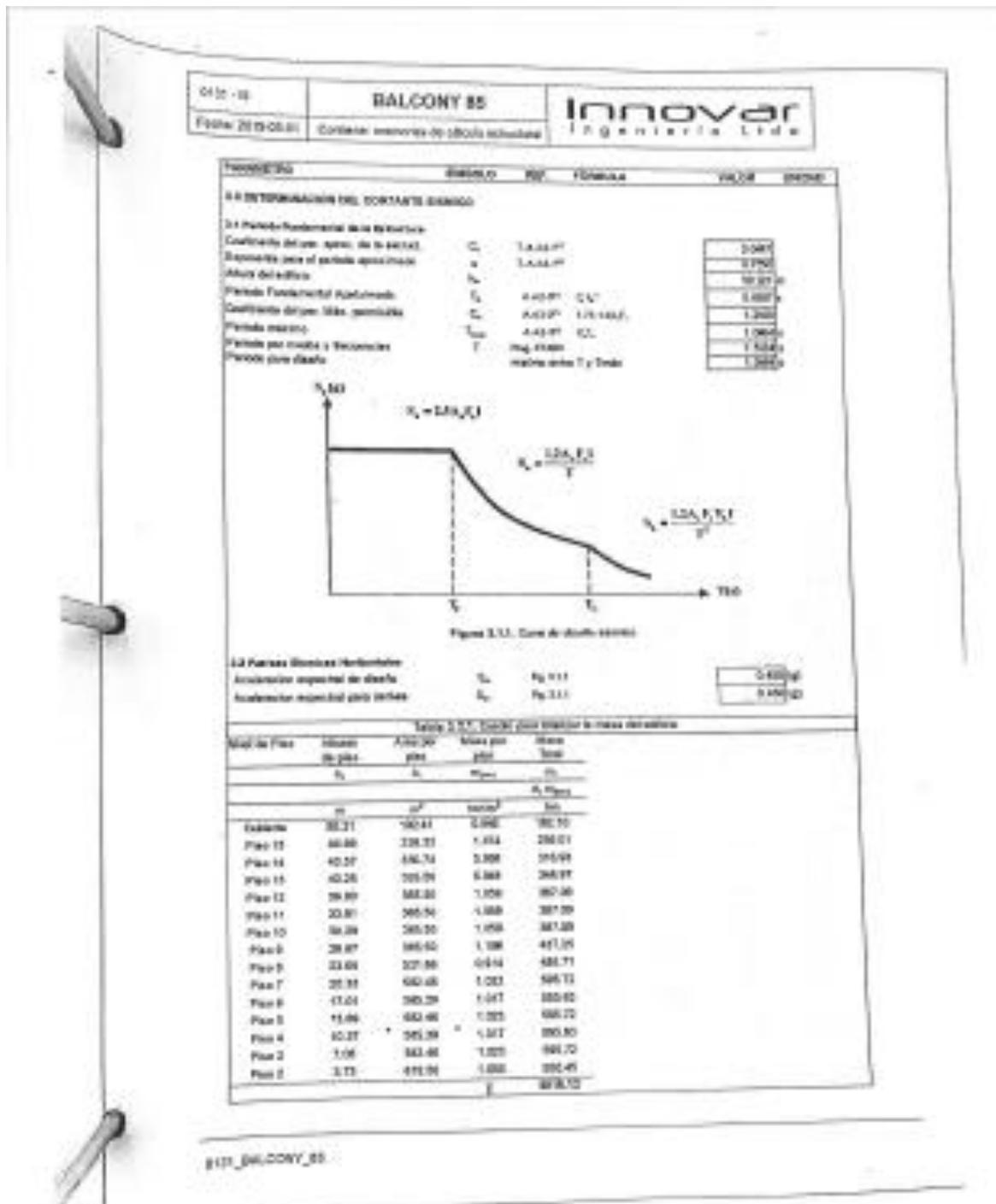
Periodo Corto T_c seg	1.22
Periodo Largo T_L seg	5.5
Valor espectral para deriva S_{ax} : Para $T_x = 1.07$ seg	0.450 Grupo I según A.6.2.1.1
Valor espectral para deriva S_{ay} : Para $T_y = 1.07$ seg	0.450 Grupo I según A.6.2.1.1
Valor espectral para diseño S_{ax} : Para $T_x = 1.07$ seg	0.450 Se evita por R
Valor espectral para diseño S_{ay} : Para $T_y = 1.07$ seg	0.450 Se evita por R
Valor Coeficiente K_1 :	1.286
Valor Coeficiente K_2 :	1.286
Coefficiente de Disipación de Energía R_{ax} :	4
Coefficiente de Disipación de Energía R_{ay} :	4
Coefficiente por Irregularidad en planta μ_c :	1
Coefficiente por Irregularidad en altura μ_r :	1
Coefficiente por falta de redundancia μ_r :	1
Coefficiente de Disipación de Energía R_x modificado:	-4.00
Coefficiente de Disipación de Energía R_y modificado:	-4.00
Valor espectral para diseño S_{ax} : Para $T_x = 1.07$ seg	0.113 Disidente por R
Valor espectral para diseño S_{ay} : Para $T_y = 1.07$ seg	0.113 Disidente por R

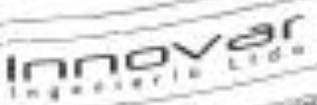
DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
PROYECTO: LOS-BOSQUES DE INVERSIÓN S&B

Ciclo de desplazamiento	0.100
Coeficiente de importancia	1
Espesor del muro	0.12 m
Altura del muro	1.00 m
Período natural lateral	1.20 segundos
Fuerza horizontal (P ₀ /W)	0.020
Peso del Paredón	200.00 toneladas
Acceleración pico efectiva	0.10
Acceleración horizontal en	0.70g
Coef. Amplificación dinámica A ₁	1
Coef. de reducción de Energía E ₁	2
Peso del Muro	0.78 (ton)
Fuerza de diseño mínima	0.012 (ton)
Fuerza de diseño	0.020 (ton)
Fuerza de diseño máxima	0.020 (ton)
Momento diseño	0.024 (ton-m)
Alcance para conformidad	100 m
Momento diseño total	0.024 (ton-m)
Concreto columna	210 kg/cm ³
Acero refuerzo	4200 kg/cm ²
altura columna	0.12 m
altura columna equivalente	0.12 m
d	0.06 m
Cuadrado refuerzo	0.0039
Área de Refuerzo	0.21 cm ² / m
Constante diseño	0.024 (ton-m)
Constante diseño total	0.024 (ton-m)
w _u	0.00 (kg/cm ²)
q _u	0.00 (kg/cm ²)



Scanned with CamScanner





0131 - 03	BALCONY ES
Edificio: 0131021301	Cálculos estructurales de edificio estructural

PROCESAMIENTO

1.1 Base total del edificio
 Contorno exterior en la base de planta: $M = 124.40'$
 C.V.P.: 6.114 m^2
 Contorno exterior en la base para distancias: $V_x = 4.113 \text{ m}$
 Exp. multiplicado con el período: X

1.2 Factores de ajuste de masas
 Contorno exterior en la base de planta: $V_x = \text{Prog. ETABS}$
 Distancia en "X": $V_y = \text{Prog. ETABS}$
 Distancia en "Y": $V_z = \text{Prog. ETABS}$

Módulo

Cálculo

Estructural

0131_03

Tabla 3.2.1. Cuentas de fuerzas sísmicas por piso para modo

Modo de Piso	Módulo por		Fuerzas por		
	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia
	m	m	m	m	m
	V_x	V_y	C_x	C_y	C_z
Cubierta	180	212.8	2752	2332	2592
piso 15	206	198.75	3228	2708	2968
piso 14	232	184.7	3704	3184	3444
piso 13	258	170.7	4180	3660	3920
piso 12	284	156.7	4656	4140	4396
Piso 10	340	132.7	5132	4620	5072
Piso 8	396	108.7	5608	5100	5548
Piso 6	452	84.7	6084	5580	6024
Piso 4	508	60.7	6560	6060	6500
Piso 2	564	36.7	7036	6540	6976
			36436	30000	32000

Tabla 3.2.2. Cuentas de fuerzas sísmicas por piso para distancias

Modo de Piso	Módulo por		Fuerzas por		
	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia
	m	m	m	m	m
	V_x	V_y	C_x	C_y	C_z
Cubierta	180	211.4	2736	2316	2576
piso 15	206	197.1	3212	2692	2952
piso 14	232	183.1	3688	3168	3428
piso 13	258	169.1	4164	3644	3904
piso 12	284	155.1	4640	4120	4380
Piso 10	340	131.1	5116	4596	4876
Piso 8	396	107.1	5592	5072	5368
Piso 6	452	83.1	6068	5548	5848
Piso 4	508	59.1	6544	6024	6304
Piso 2	564	35.1	7020	6500	6776
			36436	30000	32000

Eq. 3.2.1
$$F_x = \frac{m_x \cdot S_x}{\sum (m_x \cdot S_x)}$$

0131_BALCONY_03

0121-18	BALCONY 05		Innovar Ingeniería Ltda		
Fecha: 2018-03-01	Contiene: memorias de cálculo estructural				

PARAMETRO	SÍMBOLO	REP.	FORMULA	VALOR	UNIDAD
4.0 COMBINACIONES DE CARGA					
Nomenclatura					
Carga muerta	D	0.20 ^m			
Carga viva	L	0.20 ^m			
F. sísmica en dir. "x"	F _{px}	0.20 ^m			
F. sísmica en dir. "y"	F _{py}	0.20 ^m			
F. sísmica reducida de diseño en dir. "x"	S _{px}	0.20 ^m	F _{px} /R	0.250	0.333 F _{px}
F. sísmica reducida de diseño en dir. "y"	S _{py}	0.20 ^m	F _{py} /R	0.250	0.333 F _{py}
	0.3 E _x		0.3 F _{px} /R	0.0750	0.1000 F _{px}
	0.3 E _y		0.3 F _{py} /R	0.0750	0.1000 F _{py}
	2 E _x		2 F _{px} /R	0.500	0.667 F _{px}
	2 E _y		2 F _{py} /R	0.500	0.667 F _{py}
Coefficiente de sobrerresistencia	Ω _s	Tabla A.1.3 (a), (b) y (c)		2.5	2.5
	Ω _s E _x		Ω _s F _{px} /R	0.625	0.833 F _{px}
	Ω _s E _y		Ω _s F _{py} /R	0.625	0.833 F _{py}
4.1 Combinaciones para el cálculo de los detalles					
1.0	F _{px}				
-1.0	F _{px}				
1.0	F _{py}				
-1.0	F _{py}				
4.2 Combinaciones para diseño					
1	1.4 D				
2	1.2 D + 1.6 L				
3	1.2 D + 1.6 L	+/-	E _x	+/-	0.30 E _x
4	1.2 D + 1.6 L	+/-	E _y	+/-	0.30 E _y
5	0.9 D	+/-	E _{px}	+/-	0.30 E _{px}
6	0.9 D	+/-	E _{py}	+/-	0.30 E _{py}
4.3 Combinaciones para verificación por cortante en vigas					
7	1.2 D + 1.6 L	+/-	2 E _x		
8	1.2 D + 1.6 L	+/-	2 E _y		
4.4 Combinaciones para verificación por cortante en columnas					
9	1.2 D + 1.6 L	+/-	Ω _s E _{px}		
10	1.2 D + 1.6 L	+/-	Ω _s E _{py}		
11	0.9 D	+/-	Ω _s E _{px}		
12	0.9 D	+/-	Ω _s E _{py}		

según las Datas de los Elementos de Construcción Sismo-Resistente NSR-10. Anexo 10. Colombia en vigencia (hasta 2015), Regulado, Norma de 2010

001 -10	BALCONY 85	Innovar Ingeniería Ltda
Fecha: 2019-05-01	Contiene: memorias de cálculo estructural	

10. MUROS NO ESTRUCTURALES

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
BALCONY 85

TIPO DE ELEMENTO: **ESCALERA**

NOTA: A-1 **VERIFICAR** Muestrarse la forma adecuada arriba y abajo

GRADO DE DISEÑO: **BUENO**

$q_m = 1.8$
 $R_p = 1.5$
 $W_{eq} = 0.3 \text{ ton/m}$

(1) $R_p W_{eq} / R_p \cdot W_{eq} < 0.01 R_p \cdot W_{eq}$

Donde: (1) $W_{eq} = C_w \cdot M \cdot A_{eq} \cdot 2.5$

DATOS DEL ANALISIS DINAMI DEL EDIFICIO								
PISO	Cox	Mx	Vx	Sx	ax(%)	Z0%	Ax	I
CTE1	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.33	0.34	0.0000	1.00

UTILIZANDO LA FORMULA (1) $R_p = 0.80 \text{ ton/m}$

UTILIZANDO LA FORMULA (2) $R_p = 0.60 \text{ ton/m}$

LIMITE $R_p = 0.60 \text{ ton/m}$

ANÁLISIS:

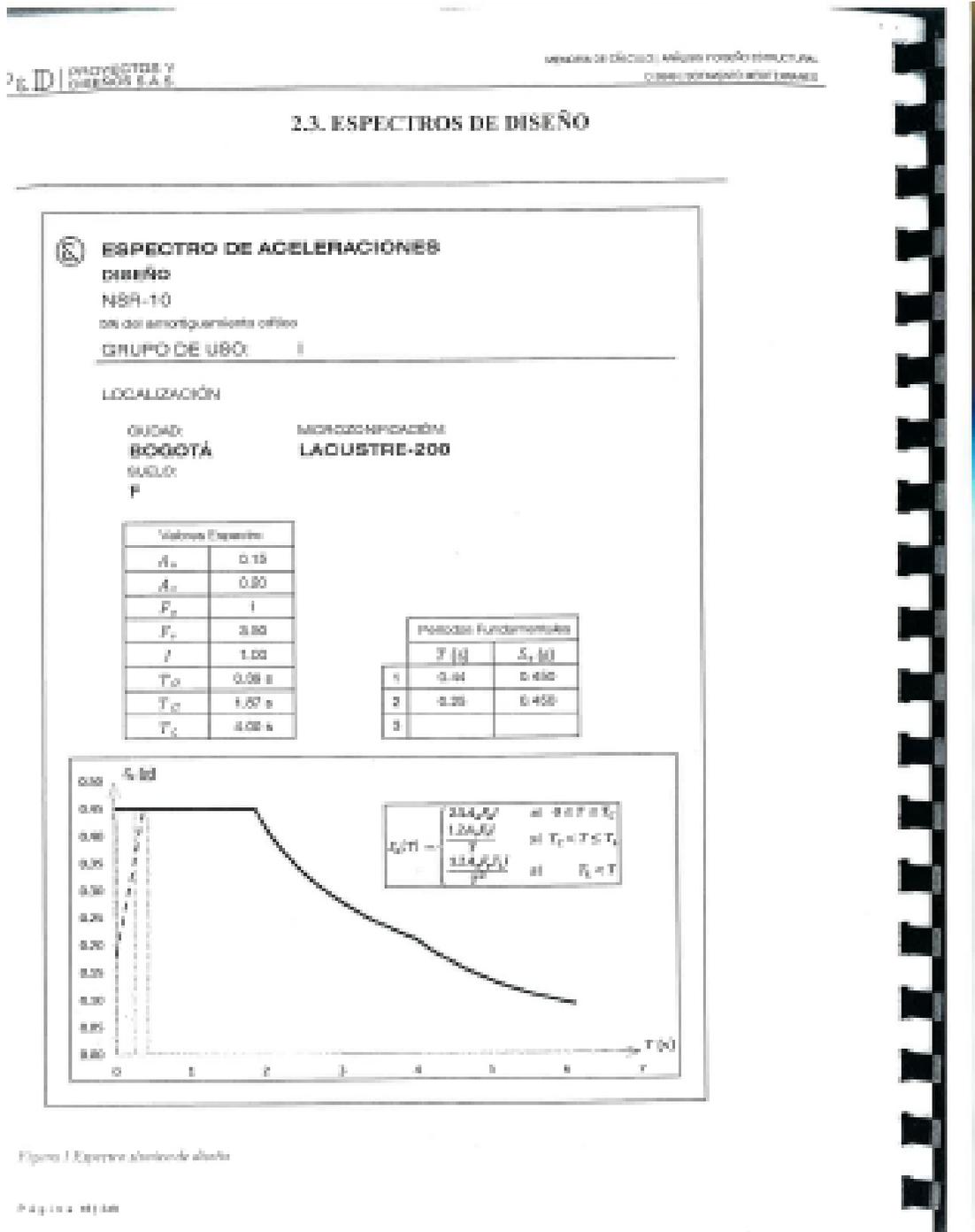
$h =$	2.20	m	-----	$M =$	0.007	ton m/m
-------	------	---	-------	-------	-------	---------

DISEÑO:

$R_p =$	1.50	kg/cm ²	-----	$A_c =$	0.31	cm ²
$a =$	0.0	cm	-----	$p =$	0.000014	
$q =$	1.8		-----	$j =$	0.944	

COLOCAR VARILLA # 3 1 CADA 2.21 m

Sotavento mediterráneo



DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

BRANCO DE DESARROLLO	BAJO	DISEÑO DE USO	1
----------------------	------	---------------	---

Muro de Concreto de Altura Total
Marco en Metal

Dimensiones y Propiedades de los Materiales

A mat. (mm)	Ø varo (in)	Esp. (mm)	f'	f _{cu} (ton/m ²)	f _{yk} (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)
240	1.00	0.12	3.05	1.3	130	4000

Condiciones de apoyo:

a _u	1.0
a _b	1.3

Detalle Muro de concreto de altura total, empalmado apoyado en la parte superior e inferior.

Muro	Nombre	P _u (k)	P _u (t)	W _u (k)	a _u	a _b
14	CLASE RDA	433.4	433.4	523.3	0.8330	0.8330
13	ALTELO	574.2	574.2	680.0	0.7876	0.7876
12	PGO-12	486.2	486.2	724.0	0.6842	0.6842
11	PGO-11	436.3	436.3	715.6	0.6112	0.6112
10	PGO-10	386.3	386.3	715.6	0.5388	0.5388
9	PGO-9	334.5	334.5	712.0	0.4659	0.4659
8	PGO-8	286.7	286.7	712.0	0.4313	0.4313
7	PGO-7	238.2	238.2	712.0	0.3345	0.3345
6	PGO-6	192.1	192.1	712.0	0.2698	0.2698
5	PGO-5	147.6	147.6	712.0	0.2073	0.2073
4	PGO-4	95.1	95.1	712.0	0.1435	0.1435
3	PGO-3	65.2	65.2	712.0	0.0915	0.0915
2	PGO-2	26.0	26.0	712.0	0.0464	0.0464
1	PGO-1	26.0	26.0	712.0	0.0464	0.0464

l	1.00
a _u	0.18

$$F_p = \frac{A_u a_b}{H_p} g S I_p = \frac{A_u I_p}{2} g S I_p$$

a ² (zona top)	0.156 cm ²
W = F _u	8.060 Mp

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente	M _{u, req}	f'	a _u	Refuerzo
	1	0.061	0.3055	0.38	Mismo para
					1Ø 2.40 c/u.

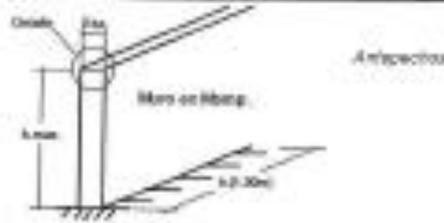
Asign. del Muro	V _{u, req} (ton)	M _{u, req} (kg/cm ²)	Ref. Vertical según condiciones de apoyo	para el caso de columnetas se dispondrá 4 barras de 1.0" cada 2.50m en cada CT
Vedado	0.104	373.990		

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostera parcialmente reforzada (M.P.R.): 1Ø 2.40 cada 2.40m
Refuerzo a corchón: 2Ø 1.80 cada 0.60m

Página 111

DESEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

GRUPO DE DISEÑO:	BAJO	GRUPO DE USO:	I
------------------	------	---------------	---



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

D. nom. mm	D. ext. m	δ _{pl} mm	r'	r _{max} mm	r _{ts} kg/cm ²	r _y kg/cm ²
30	1.30	0.12	0.08	1.3	193	4200

Condiciones de apoyo:

k_1	3.3
k_2	1.5

Detalle: **Detalle en relación con el acero, pernos, anclajes, etc.**

Nivel	Nombre	F _x (t)	F _y (t)	W _{pl} (t)	σ _x	σ _y
14	CLUBA PTA	433.4	433.4	620.3	0.6990	0.6990
13	ALTELLO	519.2	519.2	885.0	0.5879	0.5879
12	PISO-12	495.2	495.2	724.0	0.6840	0.6840
11	PISO-11	435.3	435.3	715.6	0.6112	0.6112
10	PISO-10	385.3	385.3	715.6	0.5388	0.5388
9	PISO-9	334.5	334.5	712.0	0.4697	0.4697
8	PISO-8	288.7	288.7	712.0	0.4019	0.4019
7	PISO-7	238.2	238.2	712.0	0.3345	0.3345
6	PISO-6	192.1	192.1	712.0	0.2685	0.2685
5	PISO-5	147.8	147.8	712.0	0.2035	0.2035
4	PISO-4	105.1	105.1	712.0	0.1476	0.1476
3	PISO-3	65.2	65.2	712.0	0.0915	0.0915
2	PISO-2	28.8	28.8	712.0	0.0404	0.0404
1	PISO-1	28.8	28.8	712.0	0.0404	0.0404

l	1.30
A_0	0.30

$$S_x = \frac{A_0 \cdot r^2}{k_1} \geq \frac{A_0 \cdot r^2}{k_2}$$

W_{pl} (cm ³)	0.150	cm ³
r'	0.217	cm

Ref. Vertical del muro	Coefficiente α^2/r^2	$M_{e\text{max}}$ (kg/cm ²)	r'	A_0 (cm ²)	Refuerzo
	2	0.195	0.2030	0.30	187.145 cic.
Anclaje del Muro	$V_{\text{max}} / \text{Area}$	$V_{\text{max}} / \text{Area}$ (kg/cm ²)	Ref. Refuerzo condicional de anclaje	para el caso de colocación de alambres 4 barras de 1/2" cada 3.30m en cada C7	
V/W	0.217	444.471			184.120 cic.

Refuerzo longitudinal mínimo para muros de concreto reforzado (MCR): 183 cada 2.40m
Refuerzo a cortante: 2 #4 cada 0.60m



127 Living



magna design s.a.s

ingeniería
2011
estructural

3. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Proyecto:	127 LIVING
Localización:	Bogotá (Condensancia)

CARACTERIZACIÓN SÍSMICA

La caracterización sísmica y parámetros de diseño se han tomado de los siguientes documentos:

ESTUDIO DE SUELOS

Documento No: AUS-1 1937-2

Fecha: Julio de 2017

Ingeniero responsable: Alfonso Uribe Sandoz

MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO ESTRUCTURAL

Documento No: C-2562 | 127 LIVING

Fecha: Febrero de 2019

Ingeniero responsable: Alejandro Pérez

De acuerdo con lo anterior, se establecen los siguientes parámetros:

Grupo de Uso:	I	
Grado de desempeño:	SAJ-D	
Tipo de Suelo:	F (Transición Lápida 100 a 200)	$A_w = 0,15$
Localización:	Bogotá (Condensancia)	$A_v = 0,20$
Masa total del edificio: 9704,93 t		$I_n = 1,00$
$F_w = 1,250$	$T_w = 0,004$ s	$S_{ajg} = 0,4688$
$F_w = 0,350$	$T_w = 0,004$ s	

Fig. 4 de 14

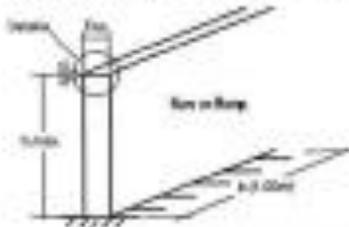


magna designia sas

ingeniería
de
estructuras

Tipo de Elemento: Muro Divisorio de Altura Total

Descripción: Muro divisorio de altura total, simplemente apoyado en la parte superior e inferior. (Piso 2 a Cubierta Fachada)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h [m]	d [m]	E_{20} [N/mm ²]	d [m]	$\gamma_{m,c}$ [kN/m ³]	f_m [kg/cm ²]	f_y [kg/cm ²]
2.40	1.00	0.12	0.05	1.8	100	4000

Condiciones de apoyo:

α_0	1.0
β_0	1.5

Nivel	Alturas	F_x [k]
16	CUBIERTA	402.40
15	PISO 15	304.30
14	PISO 14	403.21
13	PISO 13	402.30
12	PISO 12	304.30
11	PISO 11	351.40
10	PISO 10	304.30
9	PISO 9	304.30
8	PISO 8	304.30
7	PISO 7	196.15
6	PISO 6	161.34
5	PISO 5	123.60
4	PISO 4	67.64
3	PISO 3	50.80
2	PISO 2	25.40

W_x [k]	W_x	W_x
108.10	0.2885	0.2885
443.90	0.8178	0.8178
443.90	0.7461	0.7461
443.90	0.6795	0.6795
443.90	0.6120	0.6120
443.90	0.5457	0.5457
443.90	0.4806	0.4806
443.90	0.4174	0.4174
443.90	0.3552	0.3552
443.90	0.2953	0.2953
402.40	0.2372	0.2372
402.40	0.1814	0.1814
402.40	0.1284	0.1284
402.40	0.0790	0.0790
402.40	0.0343	0.0343

$$F^* = w + \alpha_0 \cdot \frac{1}{\beta_0} \cdot w_0$$

$$w^* = (F_{max} \cdot \gamma_{m,c}) = 3.108 \text{ k/m}$$

$$W^* = F^* = 3.100 \text{ k/m}$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente μ	M_{LIMBO} [m ² /m ²]	ρ	A_s [cm ²]	Refuerzo
	0	0.072	0.003	0.32	3#3.2.02 cd
Anchura del Muro	V_{LIMBO} [kN/m]	M_{LIMBO} [kg/cm ²]	Ref. vertical sobre condiciones de anclaje		
valor	8.106	372.365			

Refuerzo longitudinal mínimo para comportamiento parcialmente elástico (M.P.R.): 1#3 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.80m

Fig 5 de 14

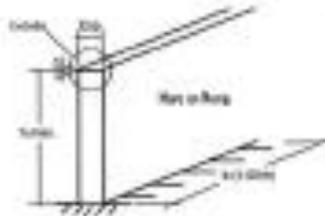


magna design sas



Tipo de Elemento: Muro Divisor de Altura Total

Descripción: Muro divisor de altura total, simplemente apoyado en la parte superior e inferior. (Piso 2 a Cubierta Interior)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

N.º de Estructura	ϕ (mm)	E (MPa)	d (mm)	F _{carro} (ton/m ³)	f _m (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)
2-01	100	0.115	0.0575	1.4	100	4800

Condiciones de apoyo:

α_1	1.0
α_2	1.5

Altura	Nombre	Peso (k)
10	CUBIERTA	807.40
10	PISO 10	328.90
10	PISO 10	866.71
10	PISO 10	407.50
10	PISO 10	304.00
11	PISO 11	351.40
10	PISO 10	308.60
9	PISO 9	288.70
8	PISO 8	278.80
7	PISO 7	188.30
6	PISO 6	161.80
5	PISO 5	124.80
4	PISO 4	92.80
3	PISO 3	58.80
2	PISO 2	23.40

W (k)	an	ap
635.18	0.0800	0.0800
643.00	0.0170	0.0170
643.00	0.7481	0.7481
643.00	0.0790	0.0790
643.00	0.0130	0.0130
643.00	0.0457	0.0457
643.00	0.4800	0.4800
643.00	0.4174	0.4174
643.00	0.3000	0.3000
643.00	0.2000	0.2000
680.00	0.2072	0.2072
680.00	0.1878	0.1878
680.00	0.1284	0.1284
680.00	0.0784	0.0784
680.00	0.0243	0.0243

$$P^* = w^* \cdot w_1 \cdot \frac{1}{R_v} \cdot \alpha_e$$

$$w^* = F_{max} \cdot \alpha_e \cdot \alpha_1$$

α_e	0.150	SEP
α_1	0.080	SEP

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente $\frac{W^*}{Y}$	$M_{L, req}$ (kg/cm ²)	ρ	A_s (cm ²)	Refuerzo
	0	0.000	0.0000	0.00	MBR 2.22 cm
Anclaje del Muro	V_{sismo} (ton/m)	M_{sismo} (kg/cm ²)	Ref. vertical según condiciones de anclaje		
vulvo	0.115	356.480			

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería peraltada reforzada (SEP 0.1): 143 cada 2.00m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.00m

Fig. 6 de 16

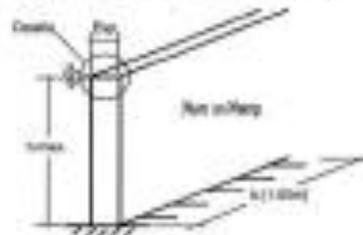


magna design sas

ingeniería
de
diseño
estructural

Tipo de Elemento: Muro Divisorio de Altura Total

Descripción: Muros divisorios de altura total, simplemente apoyado en la parte superior o inferior. (Falso 1 Fachada)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h [m]	d [cm]	$\Delta_{\text{esp. mto}}$ [m]	d [m]	F_{mto} [ton/m ²]	f_m [kg/cm ²]	f_y [kg/cm ²]
2.40	1.00	0.12	0.06	1.4	100	4000

Condiciones de apoyo:

a_x	1.0
a_y	1.5

De acuerdo con NCR-10 A 9.4.8, los elementos no estructurales localizados en la base de la estructura y por debajo de ella deben diseñarse para una aceleración igual a A_s-1 .

Nivel	Nombre	F_n [g]	T_n [s]	M_n [g]	a_n	a_n
1	Falso 1	-	-	-	0.1500	0.1500

$$F^* = W \cdot a_n \cdot \frac{1}{R_p} \cdot \phi_p$$

$$W^* = (\gamma_{\text{mto}} \cdot \text{esp.}) \cdot W = F^* = \begin{matrix} 0.158 & \text{g/m}^2 \\ 0.017 & \text{g/m} \end{matrix}$$

Ref. Vertical del Muro	Coficiente W^*/F	$M_{\text{u,mto}}$ [ton/m] ²	d	A_z [cm ²]	Refuerzo
	B	0.012	0.0001	0.06	660mm para M.P.R.
Axialidad del Muro	$V_{\text{u,mto}}$ [ton/m]	$U_{\text{u,mto}}$ [kg/cm ²]	Ref. Vertical simple condiciones de apoyo		
sin muro	0.020	377.166			

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería periódicamente reforzada (M.P.R.): 1#3 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.80m

Fig. T-2-14

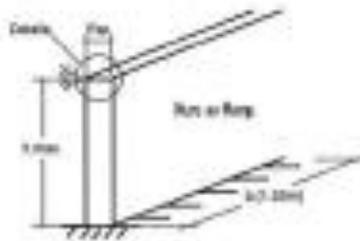


magna design studios

ingeniería
civil
ESTUDIOS

Tipo de Elemento: Muros Divisorios de Altura Total

Descripción: Muro divisorio de altura total, simplemente apoyado en la parte superior e inferior. (Piso 1 Int.)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h_{max} , mm	d_{apoy} , mm	E_{ap} , mm	d , mm	F_{max} , ton/m ²	ρ_m , kg/m ³	ρ_y , kg/cm ³
2400	100	0.115	0.0575	1.4	100	2500

Condiciones de apoyo:

α_1	1.0
R_1	1.5

De acuerdo con NSR-10 A.9.4.8, los elementos no estructurales localizados en la base de la estructura y por debajo de ella deben diseñarse para una aceleración igual a $A_s - I$.

Nivel	Nombre	$F_{x,0}$	$F_{y,0}$	$W_{x,0}$	$\alpha_{x,0}$	$\alpha_{y,0}$
1	PISO 1	-	-	-	0.1800	0.1500

$$F^* = W^* \cdot \alpha_s \cdot \frac{1}{R_p} \cdot \alpha_p$$

$$W^* = (F_{max} \cdot exp.)^2 = 0.161 \text{ (ton)}^2$$

$$W = F^* \cdot L = 0.016 \text{ (ton)}$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente W^*/L^2	$M_{L,req}$, ton/m	ρ	A_s , cm ²	Refuerzo
	8	0.012	0.0001	0.05	Al menos para M.P.R.
Análisis del Muro	$V_{L,req}$, ton/m	$U_{L,req}$, Kg/cm ²	Ref. Vertical según condiciones de apoyo		
v=0.01	0.019	361.415			

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada (M.P.R.): 145 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0mm cada 0.80m

Fig. 2 de 14

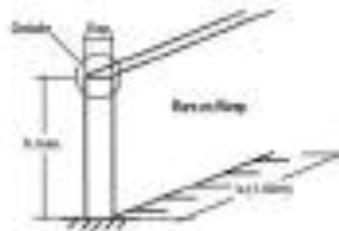


magna designia

ingeniería
civil
gestión
del
riesgo

Tipo de Elemento: Antepederos, cubetas

Descripción: Elementos en voladizo vertical: alcos, persianas, antepederos, chanzales. (Piso 1 a Cubierta Fachada)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h (m)	l (m)	h ₀ (m)	d (m)	f _{cm} (kg/cm ²)	f _{yk} (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)
1.20	1.00	0.12	0.02	1.4	300	4200

Condiciones de apoyo:

α_1	2.0
α_2	1.0

Nivel	Nombre	F _x (T)
16	CUBIERTA	497.49
15	PISO 15	526.50
14	PISO 14	491.71
13	PISO 13	437.50
12	PISO 12	394.08
11	PISO 11	351.42
10	PISO 10	309.60
9	PISO 9	268.75
8	PISO 8	228.00
7	PISO 7	188.18
6	PISO 6	149.04
5	PISO 5	110.60
4	PISO 4	72.84
3	PISO 3	36.80
2	PISO 2	22.42

W _i (T)	α_{r1}	α_{r2}
526.50	0.8865	0.8685
491.71	0.8178	0.8170
437.50	0.7461	0.7481
394.08	0.6725	0.6785
351.42	0.6125	0.6120
309.60	0.5467	0.5487
268.75	0.4908	0.4908
228.00	0.4174	0.4170
188.18	0.3908	0.3908
149.04	0.2960	0.2960
110.60	0.2372	0.2372
72.84	0.1814	0.1814
36.80	0.1264	0.1264
22.42	0.0709	0.0709
22.42	0.0342	0.0342

$$F^* = w^* \cdot \alpha_1 \cdot \frac{1}{R_2} \cdot \alpha_2$$

$$W^* = (F_{max} \cdot \alpha_{r1}) \cdot W = F^* \cdot \alpha_2$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente α_1	W _{Curso} (kg/m ²)	β	α_2 (kg/m ²)	Reforzo
	2	0.180	0.0006	0.54	884.230 cc
Anclaje del Muro	V _{Curso} (kg/m)	W _{Curso} (kg/m ²)	Ref. vertical o/por condiciones de anclaje		
v _{100%}	0.150	278.850			

Reforzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada (M.P.R.): 183 cada 2.43m
 Reforzo a cortante: 2 #4.0/cm cada 0.50m

Fig. 9 de 14

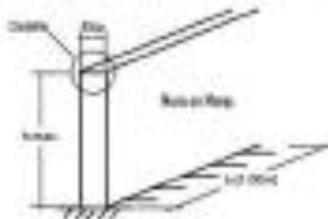


magna design ltda

ingeniería
civil
diseño
estructural

Tipo de Elemento: Metpechos, columnas

Descripción: Elemento en varado vertical: Alcos, parapetos, antepedros, chimeneas, (Piso 1 a Cubierta Fachada, h=1,50 m)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h (m)	h _{max} (m)	E _h (mm)	d' (m)	F _{max} (ton/m ²)	f _m (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)
2.00	1.50	0.12	0.09	1.4	700	4200

Condiciones de apoyo:

R _u	2.5
R _d	1.5

Nivel	Nombre	F _x (t)
16	CUBIERTA	407.48
15	PISO 15	326.80
14	PISO 14	491.21
13	PISO 13	407.50
12	PISO 12	324.00
11	PISO 11	321.40
10	PISO 10	329.80
9	PISO 9	228.20
8	PISO 8	228.80
7	PISO 7	100.20
6	PISO 6	167.84
5	PISO 5	129.80
4	PISO 4	67.84
3	PISO 3	53.80
2	PISO 2	23.40

W _i (t)	α _i	α _i ²
520.16	0.8805	0.7753
640.00	0.8178	0.6688
640.00	0.7461	0.5567
640.00	0.6738	0.4539
640.00	0.6120	0.3745
640.00	0.5497	0.3022
640.00	0.4868	0.2376
640.00	0.4174	0.1742
640.00	0.3555	0.1264
640.00	0.2903	0.0843
640.00	0.2372	0.0564
640.00	0.1814	0.0330
640.00	0.1284	0.0165
640.00	0.0789	0.0062
640.00	0.0343	0.0012

$$F^* = w^* \cdot \alpha_i \cdot \frac{2}{R_d} \cdot d_s$$

$$w^* = \frac{F_{max} \cdot \alpha_{top}}{W} = \frac{0.168}{0.243} = 0.691$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente w [*] /γ	M _{u, max} (kg/cm ²)	ρ	A _s (cm ²)	Reforzo
	2	0.98	0.0017	1.00	7.84 (3.50 reb)
Anclaje del muro	V _{u, max} (ton/m)	V _{u, max} (kg/cm ²)	Ref Vertical según condiciones de anclaje		
vista	0.240	302.560			

Reforzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada (M.P.R.): 1.83 cada 2.40m
 Reforzo a cordón: 2.44,0cm cada 0.80m

Fig. 13 de 14

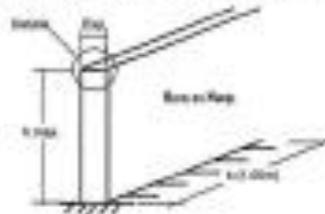


magna design s.a.s.

ingeniería
AVI
diseño
ESTRUTURAL

Tipo de Elemento: Antepecho, columnas

Descripción: Elementos en voladizo vertical: áncora, pasapalos, antepecho, chinanas. (Plas 1 a Cubierta Int., h=1.2 m)



Dinámicas y Propiedades de los Materiales

h_max (m)	D_max (m)	Z_max (m)	d (m)	Fuero (ton/m²)	f'm (kg/cm²)	f'y (kg/cm²)
2.00	1.00	0.08	0.08	1.4	100	4000

Condiciones de apoyo:

R_1	2.5
R_2	1.5

Nivel	Nombre	Fx (T)
18	CUBIERTA	487.45
15	PISO 15	826.00
14	PISO 14	491.27
13	PISO 13	437.53
12	PISO 12	394.08
11	PISO 11	351.42
10	PISO 10	309.62
9	PISO 9	268.22
8	PISO 8	228.89
7	PISO 7	190.15
6	PISO 6	151.84
5	PISO 5	115.86
4	PISO 4	81.84
3	PISO 3	50.83
2	PISO 2	23.40

M ₁₀	ax	ay
326.18	0.8888	2.8888
640.80	0.8779	2.8178
640.80	0.7961	2.7461
640.80	0.6725	2.6725
640.80	0.6520	2.6120
640.80	0.5487	2.5487
640.80	0.4836	2.4836
640.80	0.4174	2.4174
640.80	0.3598	2.3598
640.80	0.2982	2.2982
640.68	0.2372	2.2372
640.68	0.1814	2.1814
640.68	0.1304	2.1304
640.68	0.0799	2.0799
640.68	0.0340	2.0340

$$P^* = w^* \cdot a_1 \cdot \frac{1}{R_2} \cdot a_2$$

$$w^* = (F_{max} \cdot \text{Info}) = 0.126 \text{ ton/m}^2$$

$$W = P^* = 0.187 \text{ ton/m}^2$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente μ	M _u (ton)	ρ	A _s (cm²)	Refuerzo
	2	3.372	0.0030	1.79	1 #4 @ 21 cm
Anclaje del Muro	M _u (ton)	M _u (ton)	Ref. Vertical		
u=wy	0.187	125.064	compr. longitudinales de 30cm		

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada (M.P.R.): 7#3 cada 2.40m
 Refuerzo a cortante: 2 #4.0cm cada 0.60m

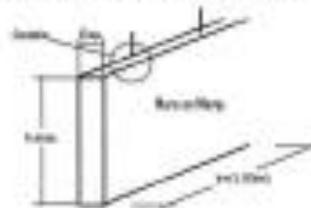


magna design ltda

ingeniería
civil
diseño
estructural

Tipo de Elemento: Columna

Descripción: Elemento en alzado vertical: alca, papeles, arriaces, cónicas, (Piso 2 a Dubona en Interiores)



Dimensiones y Propiedades de los Materiales

h (mm)	D (mm)	Exp. (mm)	d'	F _{yk} (N/mm ²)	f _{td} (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)
375	175	25	0,045	1,4	100	4000

Condiciones de apoyo:

α_y	2,5
α_x	1,5

Nivel	Nombre	F _x (t)
16	CLASIFICATA	407,49
15	PISO 15	328,32
14	PISO 14	401,71
13	PISO 13	437,53
12	PISO 12	394,28
11	PISO 11	371,40
10	PISO 10	338,82
9	PISO 9	298,75
8	PISO 8	238,80
7	PISO 7	281,30
6	PISO 6	101,24
5	PISO 5	103,80
4	PISO 4	77,84
3	PISO 3	63,82
2	PISO 2	23,40

W (t)	α_x	α_y
328,30	0,8085	0,0888
343,30	0,8170	0,0718
343,30	0,7481	0,1780
343,30	0,8386	0,0726
343,30	0,8130	0,0708
343,30	0,8487	0,0667
343,30	0,8693	0,4408
343,30	0,4174	0,4174
343,30	0,3555	0,3555
343,30	0,2950	0,2950
352,66	0,2072	0,2072
352,66	0,3014	0,1814
352,66	0,1284	0,1284
352,66	0,0789	0,0789
352,66	0,0943	0,0943

$$F^* = \alpha \cdot \alpha_y \cdot \frac{1}{R_y} \cdot F_x$$

$$W^* (Z_{max} \text{ imp}) = 0,120 \text{ m}^2$$

$$W = F^* \cdot W^* = 0,187 \text{ m}^2$$

Ref. Vertical del Muro	Coefficiente	M _{u, max} (kg/m ²)	β	A _c (cm ²)	Refuerzo
	2	0,045	0,008	6,37	Infinito para M.P.E.
Anclaje del Muro	V _{u, max} (kg/m)	M _{u, max} (kg/m ²)	Ref. Mallas (cuadrado de acero)	Peso del muro / anclaje	211,1 kg
v-mu	0,066	243,28		CA	

Refuerzo longitudinal mínimo para mampostería parcialmente reforzada (M.P.R.): 162 cada 2.40cm
 Refuerzo a corte: 2 #4.0mm cada 0.80m

Fig. 10 de 14

Casa Chico

F.05 ESPECTRO DE DISEÑO



ESPECTRO DE ACCELERACIÓN NSR-10 MICROZONIFICACIÓN BOGOTÁ

PROYECTO: 1181 - CASA CHICO 96

TIPO DE ANÁLISIS: ANALISIS DINAMICO

CLASIFICACIÓN DEL SUELO: LACUSTRE 200

GRUPO DE USO: I

ACCELERACIÓN PICO EFECTIVA (A_p)	$A_p =$	0.15
VELOCIDAD PICO EFECTIVA (A_v)	$A_v =$	0.2
Coefficiente de Amplificación F_a para periodos cortos	$F_a =$	1.2
Coefficiente de amplificación F_v para periodos intermedios	$F_v =$	3.5

Altura Edificio = 36.50 m

Sistema estructural de Resistencia Sísmica

D Todos los otros sistemas basados en muros de rigidez similar o mayor a los muros de concreto o mampostería

$C_t = 0.049$ Tabla A.4.2-1

$\alpha = 0.75$ Tabla A.4.2-1

$C_u = 1.2$ (A.4.2-2)

Periodo Fundamental aprox $T_a = C_t(h_n)^{0.9} = 0.73$ sg $C_u T_a = 0.87$ sg

Periodo Estructural $T_x = 0.996$ sg Modelo matemático con Etabs

Periodo Estructural $T_y = 0.831$ sg Modelo matemático con Etabs

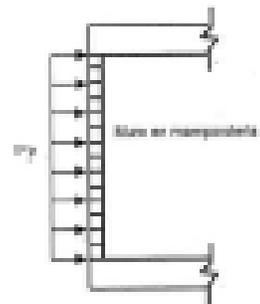
Periodo Estructural $T_x = 0.873$ sg

Periodo Estructural $T_y = 0.831$ sg



Periodo Corto T_c seg	1.87
Periodo Largo T_L seg	4
Valor espectral para deriva Sxx: Para $T_x = 0.87$ seg	0.450 Grupo II según A.6.2.1.2
Valor espectral para deriva Syy: Para $T_y = 0.87$ seg	0.450 Grupo II según A.6.2.1.2
Valor espectral para deriva Sxx: Para $T_x = 0.87$ seg	0.450 Sin ajuste por R
Valor espectral para deriva Syy: Para $T_y = 0.87$ seg	0.450 Sin ajuste por R
Valor Coeficiente K_x :	1.187
Valor Coeficiente K_y :	1.166
Coefficiente de Disipación de Energía λ_{xx} :	5
Coefficiente de Disipación de Energía λ_{yy} :	5
Coefficiente por Irregularidad en planta α_x :	1
Coefficiente por Irregularidad en altura α_y :	1
Coefficiente por falta de redundancia α_z :	1
Coefficiente de Disipación de Energía R_x modificado:	5.00
Coefficiente de Disipación de Energía R_y modificado:	5.00
Valor espectral para diseño Sxx: Para $T_x = 0.87$ seg	0.050 Dividiendo por R
Valor espectral para diseño Syy: Para $T_y = 0.87$ seg	0.050 Dividiendo por R

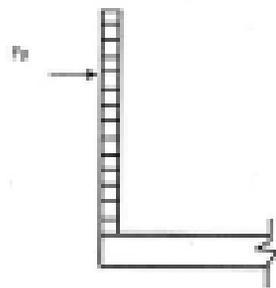
PROYECTO: CASA CHEDIM	
DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	
Tipo de elemento	Muros exteriores y particiones - muros divisorios de altura total
Grupo de uso	I
Clase de desempeño	Bajo
Coefficiente de importancia	1
Tipo de anclaje	NO Dóctiles
Espesor del muro	0.10 m
Altura del muro	2.80 m
Peso específico concreto	1.20 ton/m ³
Fuerza Horizontal Piso F _p	603.60 ton
Peso del Piso W _p	710.10 ton-m ² /m
Aceleración pico efectiva	0.16
Aceleración Horizontal a _s	0.837 g
Coef. Amplificación dinámica a _d	1.0
Coef. de divergencia de Energía R _d	1.5
Peso del Muro	0.04 ton/m
Fuerza de diseño mínima	0.025 ton/m
Fuerza de diseño	0.211 ton/m
Fuerza de diseño última	0.211 ton/m
Módulo de diseño	0.089 s-mil
Afiancía para columnas	2.00 m
Módulo de diseño total	0.137 s-mil
Concreto cast-in-situ	240 kg/cm ² 3000 psi
Acero de refuerzo	4200 kg/cm ²
ancha columna	0.10 m
altura columna	0.10 m
recubrimiento	0.025 m
d	0.075 m
Cuantía refuerzo	0.04704
Acero de Refuerzo	0.82 cm ²
	Req. mínimo 1.83
Cortante diseño	0.180 ton/m
Cortante diseño total	0.21 ton
v _c	2.00 kg/cm ²
φ _v c	0.48 kg/cm ² OK



PROYECTO: CASA CHICO III

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Tipo de elemento	Muros divisorios y particiones - muros divisorios de altura parcial	
Grupo de uso	I	
Clase de desempeño	Bajo	
Coefficiente de importancia	1	
Tipo de anclaje	NO Cables	
Espesor del muro	0.10 m	
Altura del muro	1.10 m	
Peso específico ladrillo	1.50 ton/m ³	
Fuerza Horizontal Piso P ₁	124.88 ton	
Peso del Piso W _p	112.90 ton=420m	
Aceleración pico efectiva	0.15	
Aceleración Horizontal ax:	1.114 g	
Coef. Amplificación dinámica a ₁ :	2.5	
Coef de disipación de Energía Rp:	1.5	
Peso del Muro:	0.14 ton/m	
Fuerza de diseño mínima:	0.011 ton/m	
Fuerza de diseño:	0.268 ton/m	
Fuerza de diseño elegida:	0.268 ton/m	
Momento diseño:	0.073 tonm	
Referencia para columnetas:	2.68 m	
Momento diseño total:	1.140 tonm	
Concreto columna:	218 kg/cm ²	3000 psi
Acero de refuerzo	4200 kg/cm ²	
ancho columna	0.10 m	
altura columna	0.10 m	
recubrimiento:	0.025 m	
d:	0.075 m	
Coeficiente de refuerzo:	0.00754	Req. mínima
Acero de Refuerzo:	0.87 cm ²	1.42
Constante diseño:	0.120 ton/m	
Constante diseño total:	0.27 ton	
w _c :	3.54 kg/cm ²	
φ _{vc} :	0.49 kg/cm ² 24	



11. Referencias Bibliograficas

Alcocer, Sergio M. Hernandez, Hugo. Sandoval, H. (2013). Envoltente De Resistencia Lateral De Piso Para Estructuras De Mampostería Confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 54(89), 24–54.

Andes, U. de los. (2004). *Cartilla de nuevos sistemas y materiales para el diseño y construcción de muros divisorios y de fachadas en edificaciones*. Recuperado de https://icolombia.com.co/upload/pisotecho/Paredes_o_muros/capitulo_1.pdf

Arango, C. (2016). colapso-muro-en-edificio-en-itagui-DX5033353 @ www.elcolombiano.com. *Edificio en Itagüí fue evacuado luego de colapso de un muro*. Recuperado de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/colapso-muro-en-edificio-en-itagui-DX5033353>

Barbosa, R. E., Álvarez E., J. J., & Carrillo León, J. (2018). Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(33), 99–119. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n33a5>

Barrios, O. F. (2009). Disipadores histeréticos de energía sísmica. *Universidad de los Andes*. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35027797/Disipadores_histereticos_de_energia_sismica.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1536620671&Signature=TCcm9s6o3%2FBNK8hHMYkd1saQmAs%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DDi

-
- Carrillo, J., Aperador, W., & Echeverri, F. (2015). Evaluación de los costos de construcción de sistemas estructurales para viviendas de baja altura y de interés social. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(4), 479–490. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.09.001>
- Delgado, J., & Camacho, I. (1999). 941583601_850215 @ elpais.com. Recuperado de El Insalud achaca la tragedia de Santander al viento y a la deficiente construcción del hospital website: https://elpais.com/diario/1999/11/03/espana/941583601_850215.html
- Elkington, J. (1998). Partnerships from Cannibals with Forks: The Triple Bottom line of 21 st Century Business. *Environmental Quality Management*, 8(1), 37–51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>
- Espinosa Cazarín, E. F., Terán Gilmore, A., Zúñiga Cuevas, O., & Jean Perilliat, R. (2014). Consideraciones Para El Diseño Sísmico De Edificios Altos De Mampostería Confinada Ubicados En Zonas Sísmicas. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 109(90), 88. <https://doi.org/10.18867/ris.90.15>
- García. Nelson Afanador, Gomez. Gustavo Guerrero, S. R. M. (2012). PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. *CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA*, 22, 43–58.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014a). Metodología de la Investigación. Capítulo 4. *Journal of Chemical Information and Modeling*, (2009), 31. Recuperado de <https://www.mhhe.com/he/hmi6e>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014b). Metodología de la investigación. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ilayaraja, K., & Zafar Eqyaabal, M. (2015). Value Engineering in Construction. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(32), 3–10. <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i32/87285>

- Leal Graciano, J. M., Pérez-Gavilán Escalante, J. J., Castorena González, J. H., Reyes Salazar, A., & Barraza Guerrero, M. A. (2019). Nuevas Expresiones De Las Ntcm (2017) Para El Cálculo De La Resistencia De Muros Diafragma De Mampostería. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 29(100), 1. <https://doi.org/10.18867/ris.100.531>
- López, A. (2016). Una revolución llamada BIM. *ANDECE*, 974, 52–55.
- Luna, E., & Rodríguez, L. (2011). Pautas para la elaboración de estudios de caso. *Lecciones Aprendidas*, 10. Recuperado de <http://econpapers.repec.org/RePEc:idb:brikps:13018>
- Marhani, M. A., Jaapar, A., & Bari, N. A. A. (2012). Lean Construction: Towards Enhancing Sustainable Construction in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.209>
- Nilson, A. H., Darwin, D., & Dolan, C. W. (2009). *Design of concrete structure*. Mc Graw Hill.
- Orihuela, P. (2011). Lean construction en el Perú. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°*, 1–4.
- Oviedo, J. A., & Duque, M. D. P. (2009). *DISIPADORES HISTERÉTICOS METÁLICOS COMO TÉCNICA DE CONTROL DE RESPUESTA SÍSMICA EN EDIFICACIONES COLOMBIANAS*. 11, 51–63.
- Perrone, D., & Filiatrault, A. (2017). Automated seismic design of non-structural elements with building information modelling. *Automation in Construction*, 84(December 2016), 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.002>
- Rincón, E., & Wellens, A. (2011). Cálculo de indicadores de ecoeficiencia para dos empresas ladrilleras Mexicanas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(4), 333–345.

Rojas López, M. D., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. E. (2017). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 115–128. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>

Soong, T.T. and Dargush, G. F. “. (1999). Passive Energy Dissipation and Active Control. *Chen Wai-Fah*.

Tiempo, R. El. (2004). LADRILLERAS TIPO EXPORTACIÓN. *Diario El Tiempo*.

Yin, R. K. (2009). Case Study Research Design and Methods. En *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1097/FCH.0b013e31822dda9e>

11.1 BIBLIOGRAFÍA

Zanni, Enrique (2008). Patología de la construcción y restauración de obras de arquitectura (Vol.1). Editorial Brujas, Impreso en Argentina.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Pérez, Gómez Luis Alfonso. (2004). Recomendaciones para procesos constructivos de revestimientos pétreos en fachadas (Tesis de maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C

Stelzmann, M., Möller, U., Plagge, R. Water-absorption-measurement instrument for masonry façades

(2016) Emerging Technologies in Non-Destructive Testing VI - Proceedings of the 6th International

Molina-Huelva, M., Barrios-Padura, A., Fernández-Ans, P. Thermal behaviour of reinforced

concrete and brick masonry structures. A case study (2016) Structures and Architecture - Proceedings of the 3rd International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2016, pp. 649-658.

Radhi, H., Sharples, S. Global warming implications of facade parameters: A life cycle assessment of residential buildings in Bahrain (2013) Environmental Impact Assessment Review, 38, pp. 99-108. Cited 23 times.

Beasley, K.J. Identification and diagnosis of building façade failures (2009) Forensic Engineering, Proceedings of the Congress, pp. 74-84. Cited 1 time.

Gerns, E.A., Cinnamon, A.D., (2002) Inspection and evaluation of masonry facades ASTM Special Technical Publication, 1432

11.2 Normativa

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. (19 de marzo de 2010). Decreto 926. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10. Título A, Capítulo 9

Comisión Asesora Permanente para el régimen de construcción Sismo Resistente (creada por medio de la ley 400 de 1997) Resolución Número 0017 del 04 de diciembre de 2017, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ais)

Decreto 523 “por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C.” (16 de diciembre de 2010), Alcaldía Mayor de Bogotá

Bogotá, A. M. de. *Microzonificación Sísmica de Bogotá.* , (2010).

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. (19 de marzo de 2010). Decreto 926. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10. Título C, Capítulo 21

Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC 3707)., (2005). Método De Ensayo Para La Determinación De La Fluencia Del Concreto En Compresión (NTC 3107). 2da actualización. Bogotá

11.3 Revistas Y Publicaciones En Internet

Bogotá, R. (2019). Colapso de una estructura en el oriente de Bogotá deja dos personas muertas. *El Espectador*.

Tiempo, R. El. (2004). LADRILLERAS TIPO EXPORTACIÓN. *Diario El Tiempo*.

Bravo, M. (16 de febrero de 2018). Se desploma fachada de edificio en la Condesa tras fuerte sismo. *Publimetro*. Recuperado de <https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2018/02/16/se-desploma-fachada-edificio-en-la-condesa-fuerte-sismo.html>

Rochester, Hobbes [@hobbes 313](16,02,2018) Edificio dañado en 19S en Amsterdam 232, Condesa, presenta nuevos daños tras #sismo16F recuperado de <https://twitter.com/hobbes313/status/964663923520745472>

Redacción El Tiempo (11 de agosto del 2004) Ladrilleras Tipo Exportación. *El Tiempo*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1579787>

11.4 Otras Referencias Bibliográficas

Microsoft. (2019). Comenzando con VBA en Office.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2019). Asosismica _ Historia.